

**T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ VE MALZEMESİ YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İÇ MEKANDA MALZEME KULLANIMINDA
AKUSTİK PERFORMANS KRİTERLERİ**

Hayriye Bahar EROL (Mimar)

DANIŞMAN : Prof. Dr. HALİT YAŞA ERSOY

İSTANBUL - HAZİRAN 2006

İÇİNDEKİLER	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
RESİM LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT.....	xiii
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1 SES.....	4
1.1 Sesin Tanımı ve Yardımcı Kavramlar	4
1.1.1 Sesin İnceliği ve Kalınlığı.....	5
1.1.1.1 Frekans	5
1.1.1.2 Devir Süresi.....	6
1.1.1.3 Dalga Boyu	6
1.1.2 Sesin Azlığı ve Çokluğu Kavramları	7
1.1.2.1 Yeğlilik.....	7
1.1.2.2 Ses (Akustik) Basıncı.....	8
1.1.2.3 Ses Gücü	9
1.1.2.4 Genlik.....	10
1.1.2.5 Ses Düzeyi.....	10
1.1.3 Tını	12
1.2 Sesle İlgili Fiziksel Olaylar	12
1.2.1 Sesin Doğması.....	12
1.2.2 Sesin Yayılması.....	13
1.2.2.1 Tek Boyutlu Ortamlarda Sesin Yayılması	13
1.2.2.2 İki Boyutlu Ortamlarda Sesin Yayılması	14
1.2.2.3 Üç Boyutlu Ortamlarda Sesin Yayılması.....	14
1.2.3 Sesin Yansıması	15
1.2.4 Sesin Kırılması.....	17
1.2.5 Sesin Yutulması	17

1.2.6	Sesin Geçişi.....	19
1.3	Sesin Sınıflandırılması	21
1.3.1	Düzenli Sesler	21
1.3.2	Düzensiz Sesler (Gürültü).....	21
1.3.2.1	Gürültü İle İlgili Fiziksel Tanımlamalar	22
BÖLÜM 2	İÇ MEKAN YAPI AKUSTİĞİ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ	25
2.1	Gürültü İletimi ve Denetim Yöntemleri.....	25
2.1.1	Gürültünün Yapı İçinde İletilme Şekilleri.....	26
2.1.1.1	Havada Doğan Gürültünün İletimi.....	26
2.1.1.2	Katılarda Doğan Gürültünün İletimi	28
2.1.2	Yapı İçinde Gürültü Kontrolü ve Önlemler	28
2.1.2.1	Kaynakta Denetim.....	29
2.1.2.2	Yayımda Denetim	29
2.1.2.2.1	Havada Yayılan Sesler İçin Alınacak Önlemler	30
2.1.2.2.2	Katılarda Yayılan Sesler İçin Alınacak Önlemler.....	30
2.1.2.3	Gürültünün Geçişinde Denetim.....	30
2.1.2.3.1	Açıklıklardan Geçmede Alınacak Önlemler	30
2.1.2.3.2	Cidar Titreşimi İle Geçmede Alınacak Önlemler	31
2.1.2.4	Alıcıda Denetim	31
2.1.3	Gürültü Düzeyleri ve Rahatsızlık Skalaları.....	31
2.1.3.1	Gürültü Düzey Ölçütleri.....	32
2.1.3.1.1	Frekansa Bağlı Düzey Ölçütleri (<i>Frequency Analysis Mode</i>)	32
2.1.3.1.2	Toplam Düzeye Bağlı Gürültü Ölçütleri (<i>Environmental Mode</i>) ..	36
2.1.3.2	Rahatsızlık Skalaları	39
2.2	İç Mekan Hacim Akustiği Değerlendirme Kriterleri ve Gereksinimler .	42
2.2.1	Hacim Akustiğinde Aranan Özellikler ve Gereksinimler	42
2.2.1.1	Reverberasyon Karakteristiği ve Süresi.....	42
2.2.1.2	İlk Yansımalar	44
2.2.1.3	Toplam Yeğlilik (Ses Düzeyi)	44

2.2.1.4	Varlık Kriteri.....	45
2.2.1.5	Yanıt Eğrisi	46
2.2.2	Hacim Akustiğinin Özelliklerinin Değerlendirilmesinde Etkili Olan Etkenler	46
2.2.2.1	Hacim.....	46
2.2.2.2	Biçim.....	47
2.2.2.3	Hacim İçindeki Yüzeyle.....	50
2.2.3	Hacim Akustiğinde Sesin ve Mekanın Özelliklerine Bağlı Kusurlar	51
2.2.3.1	Distorsiyon	52
2.2.3.2	Odaklanma	53
2.2.3.3	Eko	54
2.2.3.4	Rezonans	56
2.2.3.5	Ses Gölgesi.....	56
2.2.3.6	Bitişik Hacimler	56
2.2.3.7	Fısıldayan Galeri.....	57

BÖLÜM 3 İÇ MEKANDA KULLANILAN YAPI MALZEMELERİNİN AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SINIFLANDIRILMASI.....58

3.1	Ses ve Malzeme İlişkisi	58
3.1.1	Ses Yutucu Malzemeler	59
3.1.1.1	Ses Yutucu Malzemelerin Tanımı ve Özellikleri.....	59
3.1.1.2	Ses Yutucu Malzemelerin Sınıflandırılması	61
3.1.1.2.1	Elyaf Malzemeler	61
3.1.1.2.2	Gözenekli Malzemeler	68
3.1.1.2.3	Diğer Malzemeler.....	73
3.1.1.3	Ses Yutucu Malzemelerin Mekan İçinde Kullanımı.....	75
3.1.1.3.1	Prefabrike / Prekast Akustik Birimler	75
3.1.1.3.2	Halı ve Kumaşlar	80
3.1.1.3.3	Akustik Yalıtım Örtüleri	81
3.1.1.3.4	Rezonatörler	82
3.1.1.3.5	Mekan Yutucuları.....	84
3.1.1.3.6	İnsanın Mekan İçindeki Yutuculuğu	86

3.1.2	Ses Yansıtıcı Malzemeler.....	86
3.1.2.1	Ses Yansıtıcı Malzemelerin Tanımı ve Özellikleri.....	87
3.1.2.2	Ses Yansıtıcı Malzemelerin Sınıflandırılması.....	88
3.1.2.2.1	Elyaf Malzemeler.....	88
3.1.2.2.2	Gözenekli Malzemeler.....	89
3.1.2.2.3	Diğer Malzemeler.....	89
3.1.2.3	Ses Yansıtıcı Malzemelerin Mekan İçinde Kullanımı.....	90
3.1.2.3.1	Dalgalı ve Zig zag yüzeyler.....	90
3.1.2.3.2	Petek Yüzeyler.....	93
3.1.2.3.3	Mekansal Ses Yansıtıcıları (Asılı Panolar).....	94
3.1.2.3.4	Geometrik Ses Dağıtıcılar.....	95
3.2	Ses Kontrolünün Malzeme ve Ses Mekan İlişkisi Bağlamında İç	
	Mekanda İrdelenmesi.....	96
3.2.1	Farklı Nitelikteki Toplanma Mekanlarında Uygulama Şekilleri.....	96
3.2.1.1	Konser Salonları.....	96
3.2.1.2	Opera Salonları.....	102
3.2.1.3	Tiyatro Salonları.....	106
3.2.1.4	Konferans Salonları.....	108
3.2.1.5	Restoran ve Barlar.....	109
3.2.1.6	Kapalı Spor Alanları.....	111
3.2.2	Hastaneler.....	115
3.2.3	Büro Yapıları.....	117
3.2.4	Eğitim Yapıları.....	121
BÖLÜM 4	SONUÇ.....	125
KAYNAKLAR.....		132
ÖZGEÇMİŞ.....		137

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1-1: Akustikte ses frekans alanının dağılımı, (Özer, 1979)	6
Şekil 1-2: Frekans ve dalgaboyu, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)	7
Şekil 1-3: Ses basınç düzeyleri karşılaştırılması (Karabiber, 1992)	8
Şekil 1-4: İşitme Sınırları, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)	9
Şekil 1-5: Ses güçleri ve ses gücü düzeyleri (Karabiber, 1992).....	10
Şekil 1-6 : Düzlem yüzeyde yansıma, (Budak, 1994).....	16
Şekil 1-7 : Ses ışınlarının farklı yüzeylerden yansıması, (Budak, 1994)	16
Şekil 1-8 : Sesin kırılmasının şematik gösterimi, (Budak, 1994)	17
Şekil 1-9 : Sesin yutulması (Baytın, 1963)	18
Şekil 1-10 : Yalın ve karmaşık sesler (Sirel, 1974)	21
Şekil 1-11 : Düzensiz ses (Gürültü), (Sirel, 1974).....	22
Şekil 2-1: Çeşitli frekanslardaki NR değerleri, (Topalgökçeli, 1995)	34
Şekil 2-2 : A ağırlıklı ölçüm, (Topalgökçeli, 1995).....	37
Şekil 2-3 : B ağırlıklı ölçüm, (Topalgökçeli, 1995).....	37
Şekil 2-4 : C ağırlıklı ölçüm, (Topalgökçeli, 1995).....	37
Şekil 2-5: Eşdeğer sürekli ses düzeyi ölçümü, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)	38
Şekil 2-6: Reverberasyon süresinin hacimlere göre değişimi (Lord, Templeton, 1986)	43
Şekil 2-7 : Yelpaze plan şemasına sahip salon örneği (Doelle, 1972)	48
Şekil 2-8 : Dikdörtgen plan şemasına sahip salon örneği (Doelle, 1972)	48
Şekil 2-9 : At nalı plan şemasına sahip salon örneği, La Scala, 1830, (Doelle, 1972)	49
Şekil 2-10: Salonlar için, akustik gereksinimlerin belirlediği ortak özellikler (Eriç, 1994) ..	50
Şekil 2-11 : Hacmin arka ve yan duvarlarında yankının engellenmesi (Budak, 1994).....	51
Şekil 2-12 : Çeşitli hacimlerde görülen odaklanmalar, (Eriç, 1994).....	53
Şekil 2-13 : 1.Eko 2. Uzun gecikmiş yansımalar 3. Ses gölgesi 4. Ses odaklanmaları (Doelle, 1972)	54
Şekil 2-14 : Eko üretmesi olası yüzeyler (Budak, 1994)	54
Şekil 3-1: 40 mm kalınlığında mineral elyaf levhaların uygulama şekline göre ses yutma dereceleri, (Özer, 1979).....	62
Şekil 3-2 : 2.5 cm kalınlıkta, 50 kg/m ³ yoğunlukta, cam yünü asma tavan levha ses yutma çarpanları, (Mütevellioglu, 1995).....	63
Şekil 3-3 : 2 cm kalınlıkta, yüzeyi çizikli mineral lif levha yutma çarpanları (Harris, 1957) 64	
Şekil 3-4 : Eşit aralıklarla delikli bir yüzey, delik aralıkları 12.5 mm, delik çapları 4 mm,	

(Aspen, 2006).....	64
Şekil 3-5 : Düz bir yüzey, üzeri gelişi güzel delinmiş, (Aspen, 2006)	64
Şekil 3-6 : Yüzey düzensiz aralarla izli ve çok ince delinmiş, (Aspen, 2006).....	65
Şekil 3-7 : Derin pürüzlü, yüzeyi delinmiş plaklar, (Aspen, 2006)	65
Şekil 3-8 : 2.50 cm kalınlıkta, düzenli aralarla delinmiş ahşap lif levhanın ortalama ses yutma çarpanlar (Harris, 1957)	67
Şekil 3-9: Gözenekli malzemede ses yutma katsayısının kalınlıkla ilişkisi, (Doelle, 1972)..	68
Şekil 3-10 : Alçı akustik levha detayı.....	70
Şekil 3-11: Gözenekli malzemenin akustik performansına etki eden boya uygulama şekilleri, (Doelle, 1972)	70
Şekil 3-12 : 6 mm'lik kontrplak bir levha arkasında 75 mm hava boşluğu, (Doelle, 1972)..	73
Şekil 3-13: Gözenekli gereç+delikli metal levhanın frekanslara göre yutma çarpanları (Harris, 1957)	74
Şekil 3-14 : Alçı akustik levha yüzey tipleri (Mütevellioglu, 1995).....	77
Şekil 3-15: Akustik asma tavanların uygulama şekilleri, (Ching, Adams, 2006).....	78
Şekil 3-16 : Rezonatör tipleri (Budak, 1994).....	83
Şekil 3-17: Gözenekli malzeme ve Helmholtz rezonatörlerinin ses yutma dereceleri, (Özer, 1979)	83
Şekil 3-18 : Çok amaçlı (yutucu veya yansıtıcı) malzeme örnekleri (Reverberasyon süresinde belirgin farklılıkları mümkün kılan, çok amaçlı düzenekler), (Doelle, 1972).....	84
Şekil 3-19: Mekandaki insanların frekanslara göre yutuculuk katsayıları, (Özer, 1979).....	86
Şekil 3-20: Yüzey düzgünsüzlükleri, Sesin yansıma ilişkisi, (Akın, Şerefhanoglu, 1998)....	87
Şekil 3-21 : Deliksiz, pürüzsüz, sade düz yüzeyli mineral lif levha, (Mütevellioglu, 1995) .	88
Şekil 3-22 : Hafif pürüzlü, sıva benzeri yüzeyli mineral lif levha, (Mütevellioglu, 1995)....	88
Şekil 3-23 : Çeşitli formalarda sahne kabukları (Baytın, 1963).....	90
Şekil 3-24 : Yansımayı sağlayacak şekilde çeşitli sahne evi formları (Baytın, 1963)	90
Şekil 3-25: Sabit ve hareketli yansıtıcılar – a, b) Kenar yansıtıcılar - c,d) Yukarı yansıtıcılar (Abdülrahim, 1993).....	91
Şekil 3-26 : Walt Disney Konser Salonu, En kesit, Mimar Frank Gehry, 2003, Los Angeles	92
Şekil 3-27: Berkshire Senfonik Konser Salonu, Mimar Eliel Saarinen, 1949, Tanglewood .	94
Şekil 3-28 : Cam lifli içerikli kompozit sistem ile tek düzlemde yansıtma yapabilen levhalar (birimler)	95
Şekil 3-29: Sahne planlanmasında ön sahne açıklığının rolü (Beranek, 1962).....	97

Şekil 3-30 : Güvenlik perdesinin sahne üzerindeki iki farklı konumu (Beranek, 1962).....	98
Şekil 3-31: Döşeme profili eğiminin hesaplanması, (Budak, 1994)).....	99
Şekil 3-32: İdeal görüş alanının sağlanması için koltukların düzenlenmesi (Budak, 1994) ..	99
Şekil 3-33: Kaynağa göre iyi sonuç alınabilmesi için önerilen balkon tasarımları, (Beranek, 1962)	101
Şekil 3-35 : Hareketli orkestra çukurunun farklı kullanımları (Budak, 1994)	104
Şekil 3-36: Tiyatro Sahne Tipleri, (Doelle, 1972)	106
Şekil 3-37 : Açık ofis planı, Kanada tren yolları ofis binası / Ontorio, (Doelle, 1972)	118
Şekil 3-38: Hafif bölücü panellerin akustik etkinlikleri (Templeton, Saunders, 1987)	120
Şekil 3-39 : Hafif taşınabilir ofis içi bölümlenmeleri (Doelle, 1972)	121
Şekil 3-40: Eğitim yapılarında çeşitli fonksiyonlara göre reverberasyon süreleri, (Classroom Acoustics, 2000).....	122

RESİM LİSTESİ

Resim 3-1 : Selüloz ve mineral lifli asbest katkılı malzeme	66
Resim 3-2 : Selüloz lifli asbest katkılı emici malzeme	66
Resim 3-3 : Poliüretan levha örnekleri	71
Resim 3-4 : Ses Engelleyici-Yangın geciktirici vinil kılıflı	72
Resim 3-5: Dokuma ya da vinil 1-1/2" kalınlığında, engelleyicinin çevresi boyunca dikilir ve yumuşak kenarlar oluşturur	72
Resim 3-6 : Dikey askılı engelle sert PVC çerçeveyi kaplayan dokuma, net kare kenarlı engelleyiciler	72
Resim 3-7 : 2" kalınlığında camyünü battaniye üzerindeki yelken bezi	72
Resim 3-8 : Yüksek dayanıklı toz boyalı perfore çelik ya da alüminyum paneller	74
Resim 3-9 : Visko plastikle beraber metal levhaların yan yüzeylerde kullanılması. Uimper Tiyatrosu, İç mekan: Peutz ve ort, St Mercier	74
Resim 3-10 : Walsh Kültür Merkezi, Texas Christian Üniversitesi Fort Worth, Teksas ; Mimar: Malcom Holzman, Nestor Bottino	76
Resim 3-11 : Alçı eko kontrol odaları ve bölümlendirmeleri, Lucerne Kongre Merkezi, Konser Salonu , Mimar: AJN, Akustik proje: Russel Johnson Artec	77
Resim 3-12: Alçı kübik hacimler, kabuk, Lafarge. Opéra, Lyon, Mimar: J.Nouvelle, Cattani & Ort. Akustik Proje: Peutz & Ass.,	79
Resim 3-13: Delikli metal saç cilalı panolar Mimar: Equinoxe, Chateauroux. Akustik proje: G. Noël, Akustik Proje	79
Resim 3-14 : Ahşap balkon ve yüzeyler; Glyndebourne Operası, Mimar: Anthony Hopkins	79
Resim 3-15 : İnce alçı malzemedeki çeşitlemeler; Fransa Radyosu Studio 104, Mimar: Henri Bernard	79
Resim 3-16 : The Vilar Sanat Merkezi, Mimar: Hardy Holzman Pfeiffer Ortakları, Akustik Proje: Ron Mckay, 1998, ABD	80
Resim 3-17: Prince Consort Restoran, Softroom, 2003, The Royal Albert Hall, Londra.....	81
Resim 3-18 : Niigata Performans Sanatları Merkezi, Niigata, Japonya, mimar Itsuko Hasegawa (1998).....	82
Resim 3-19: Ofislerde kullanılan mekan yutucuları	85
Resim 3-20 : Lucille Performans Sanatları Merkezi: Ahşap Esaslı Kanopileri, Kuzey Teksas Üniversitesi, Mimar Hardy Holzman Pfeiffer, Robert Almodovar, 1999, ABD.....	85

Resim 3-21 : The Brasserie – Dalga yüzeylerin mekan içinde kullanımı, Mimar: Diller ve Scofidio, 2000, New York.....	91
Resim 3-22 : Walt Disney Konser Salonu, Mimar Frank Gehry, 2003, Los Angeles	92
Resim 3-23 : La Scala Tiyatrosu, 1830, Milano	93
Resim 3-24 : Ahşap bazlı petek yüzeyli ses dağıtıcısı	93
Resim 3-25 : Düzgün yüzeyli asılı panoların salon içinde kullanımı	94
Resim 3-26 : Cam lifi esaslı ses dağıtıcı	95
Resim 3-27 : Poliüretan esaslı ses dağıtıcı.....	95
Resim 3-28: Onde Tiyatrosu/Velizy–Villacoublay, Mimar: Claude Vasconi, Koltuk düzenlemesi, 2003, Fransa	98
Resim 3-29: Michigan Üniversitesi, Ekonomi fakültesi konferans salonu, 2005, Mimar: Kohn Pedersen Fox	109
Resim 3-30 : Suede/ Scottsdale- Arizona. Mimar Paul Almond. Kumaş kaplama akustik panellerin mekan içinde bölücü olarak kullanılması	110
Resim 3-31 : The brasserie, Mimar: Diller ve Scofidio, 2000, New York	111
Resim 3-32: Akustik yutucu panellerin spor salonlarında kullanımı, Manchester Aquatic Center ana havuzu, Mimar: Gordon Mungall, 2000, İngiltere	113
Resim 3-33: West Orange Sağlık Merkezi, ABD, Mimar: HKS Inc, 1998	116
Resim 3-34: Eagle River İnteraktif, Çalışma istasyonu ve plan içindeki yerleşimleri.....	119
Resim 3-35: Açık İlköğretim Okulu, Mimar: Erginoğlu ve Çalışlar Mimarlık, İstanbul, 1999	123

TABLO LİSTESİ

Tablo 2-1: Dolu alanlarda ortalama ses geçirmezlik değerleri (Şerefhanoglu, 1992).....	27
Tablo 2-2 : Ses geçirmezlik formülleri (Şerefhanoglu, 1992)	27
Tablo 2-3 : Konutlar için optimum fon gürültüsü “NC” (dB), (Topalgökçeli, 1995).....	32
Tablo 2-4 : Değişik hacimler için “NC” değerleri, (Topalgökçeli, 1995).....	33
Tablo 2-5 : Değişik hacimler için “NR” değerleri, (Topalgökçeli, 1995).....	35
Tablo 2-6 : “NR” değerleri için düzeltmeler (dB), (Topalgökçeli, 1995).....	35
Tablo 2-7 : Değişik hacimler için “NCB” değerleri, (Topalgökçeli, 1995).....	36
Tablo 2-8 : Kişilerin Etkilenme Düzeyi Sınır Değerleri, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)	40
Tablo 2-9: Yapılarda Gürültü Kaynağı Olan Faaliyet Alanı ve Etkilenen İç Alanlar, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)	40
Tablo 2-10: İç Mekan Gürültü Sınır Değerleri, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005).....	41
Tablo 2-11: Reverberasyon süresi hesaplanması formülleri.....	42
Tablo 2-12 : Farklı tipteki salonlar için kişi başına düşen optimum hacim değerleri, (Doelle, 1972)	47
Tablo 3-1 : Ses yutuculuk katsayılarının sınıflandırılması	59
Tablo 3-2 : Emici malzemelerin sınıflandırılması, (Doelle, 1972).....	61
Tablo 3-3 :İnce lifli ahşap yünü levhanın frekanslara göre ses yutma özellikleri, (Sirel, 2000)	67
Tablo 3-4 :Kalın lifli ahşap yünü levhanın frekanslara göre ses yutma özellikleri, (Sirel, 2000)	68
Tablo 3-5: Çeşitli malzemelerin porozite oranları, (Özer, 1979).....	69
Tablo 3-6 : Ahşap Lif Tiplerine Göre Levhaların Yutma Çarpanları, (Mütevellioglu, 1995)72	
Tablo 3-7 : Değişik Yapı Malzemelerinin Yutuculuk Çarpanları, (Mütevellioglu, 1995).....	75
Tablo 3-8 : Hastane bölümlerindeki gürültü düzeyleri (Arıdağ, 1995).....	116
Tablo 4-1: Ses yutucu malzemelerin sınıflandırılması ve akustik özelliklerinin değerlendirilmesi.....	127
Tablo 4-2: Ses yansıtıcı malzemelerin sınıflandırılması ve akustik özelliklerinin değerlendirilmesi.....	128
Tablo 4-3: Akustik düzenleme ilkeleri.....	129
Tablo 4-4: Mimari fonksiyonlara bağlı olarak akustik analiz ve değerlendirme	130

İÇ MEKANDA MALZEME KULLANIMINDA AKUSTİK PERFORMANS KRİTERLERİ

ÖZET

Yapılan çalışmanın amacı, mimari tasarıma bir veri olarak katılan sesin iç mekan ile olan ilişkisinin irdelenmesi ve bu konuya bağlı olarak örnekler üzerinde incelemeler yapılmasıdır.

Akustik kavramının açıklanması amacı ile çalışmanın ilk bölümünde, sesin tanımlanması ve fiziksel özellikleri üzerinde durulmuştur.

Mimari anlamda akustik, ikinci bölümde ele alınmıştır. Gürültü denetimi başlığı altında, gürültünün oluşum şekli ve yapı içinde yayılmasına bağlı olarak denetim yöntemleri irdelenmiştir. Hacim akustiği başlığı altında ise 20. yy modern akustik kavramları doğrultusunda, hesaplanabilir ve ölçülebilir parametrelere göre mekan içinde olması gereken işitsel konfor şartları ele alınmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, daha önce incelenen ses ve mimari akustik kriterler doğrultusunda, iç mekanda kullanılan malzemeler tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma sesin karşılaştığı yüzeydeki verdiği tepkilere göre oluşturulmuştur. Mekan işlevine bağlı olarak, malzemelerin akustik etkinlikleri çeşitli örnekler üzerinden ve yöntemlere göre incelenmiştir.

İç mekan malzemelerinin kullanımında konfor koşullarının sağlanma şekilleri belirlenmiştir. Olumsuz kullanımlar saptanarak, ortadan kaldırılması ile ilgili öneriler geliştirilmiştir.

ACOUSTIC PERFORMANCE CRITERIA FOR MATERIAL USE WITHIN SPACE

ABSTRACT

The purpose of the work done is to investigate the relation between sound, which is an input to architectural design, and interior space and also to examine sample cases related with this subject.

In order to explain the acoustic concept, the definition and the physical properties of sound has been deliberated in the first section.

Acoustics in architectural context has been discussed in the second section. Noise control methods according to the origin of the noise and the propagation within the space have been discussed under the noise control topic. The required auditory comfort conditions with respect to the computable and measurable parameters according to 20th. century modern acoustics has been deliberated under the space acoustics topic.

In the third section of the work, materials used within spaces have been described and classified according to the auditory and architectural acoustical criteria that were investigated in the first two sections. The classification has been based on the response of the sound wave to the surface it encounters. The acoustic behavior of the materials according to the functions of the space has been investigated with different examples and methods.

Methods to create the comfort conditions through material use have been specified. Unfavorable uses and cases have been stated and suggestions for remedy are developed.

GİRİŞ

Sesin iyi işitilebilmesi için kullanılan tekniklerin bütününe “akustik” denir. Akustik sözcüğü yunanca “akoystiki” deyiminden gelmekte olup işitmek anlamındadır. İlk olarak, Aristoteles akustikle yakından ilgilenerek, ses ve fiziksel kavramları işitme ile birleştirir. Pisagor’un (M.Ö 580-500) yaptığı sayısal gözlemlerle ilk adımları atılmış olan akustik, Newton’un (1686) sesin hızını tanımlaması ile teorik açıdan başlangıç yapmaktadır. Ses bilimi, Lord Rayleigh’in “Sesin teorisi” (*Teory of Sound*, 1877) adlı eseri ile önem kazanmaya başlamıştır.

M.Ö 25 yılında, Romalı mimar Vitruvius, yazdığı “Mimarlık Üzerine On Kitap” adlı eserinde tiyatrolarda sesin iyi duyulabilme ilkeleri üzerinde durarak mimari anlamda sesin tasarımla olan ilişkisini tanımlamıştır. Yapı akustiğinin temellerini atan Prof. Wallace C. Sabine’in, 1898-1905 yılları arasında ses üzerine yaptığı teorik çalışmalar ile bilimsel bir nitelik oluşmaya başlamıştır.

Bir tepenin yamacında yarım daire şeklinde yapılmış ses yansıtıcı duvarlara sahip Yunan tiyatroları hacim akustiği adına ilk örnekler olarak gösterilebilir. Roma döneminden 19 yy’a kadar olan süre içerisinde tiyatrolarda, deneyimlere bağlı olarak çeşitli değişimler söz konusudur. Bu değişim çalışmalarının bilimsel bir niteliği bulunmamaktadır. Bu süre dahilinde yapılan tiyatro, opera ve konser salonlarında, gözlem ve deneme yanılma yöntemleri ile akustik konfor koşulları oluşturulmaya çalışılmıştır. Modern akustik, Sabine tarafından yapılan çalışmalarla başlamış olup, işitsel kalite ölçülebilir veya hesaplanabilir parametrelere bağlanmıştır.

Çalışmanın başlangıç noktasını, bu tarihsel süreci temel alan 20.yy’daki gelişmeler oluşturmaktadır. Günümüzde, mimari akustik çeşitli alt başlıklar halinde incelenebilir. Temelde bir fizik olayı olan sesin ortam içindeki özellik ve davranışlarının bilinmesi, gerekli bir ön hazırlık olarak görülmelidir. Bu şekilde mimari akustiğin iki ana bölümü olan yapı ve hacim akustiğinin parametreleri tanımlanabilir. Yapı akustiği, iç ve dış gürültülerin denetlenmesi; hacim akustiği ise mekan içinde oluşturulan seslerin dinleyiciye en uygun biçimde iletilmesi gibi konuları içermektedir.

Akustik performansın değerlendirilmesi bakımından, II. Dünya Savaşı sonrasında gelişmeye başlayan bir dal olan gürültü denetimi önemli bir konudur. Modernleşme ile artan kentleşme, nüfus yoğunluğu ve hızla gelişen teknoloji gibi etkenler toplum yaşamındaki ses düzeyinin artmasına neden olmuştur. Yapı tekniklerindeki ilerlemenin sonucunda hafif malzemelerin kullanılması ve yığma yapıya çeşitli alternatifler getirilmesi; sesin, yapı içinde istenmeyecek düzeye ulaşmasına neden olabilmektedir.

Bir mekanın işlevine bağlı olarak, uygun fizik ortamını oluşturmak için gerekli pek çok düzenleme yapılmaktadır. Yapı içindeki işitsel konforun sağlanması ve gerekli denetim kurulması günümüz insanı için temel bir gereksinimdir. Bu gereksinimin tespiti, irdelenmesi ve çözüm önerilerinin incelenmesi çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

AMAÇ, KAPSAM, YÖNTEM

Ses, yapı fiziği ve malzemesi alanında uzun zamandır incelenen bir kavramdır. Bu kavram, kazandığı önem sayesinde çeşitli araştırmalara konu olmaktadır. Bu çalışmanın **amacı**, iç mekan dahilinde akustik düzenlemelerin sağlanması için gerekli olan parametrelerin belirlenmesidir. Bu parametrelerin oluşturulması için malzeme niteliklerinin belirlenmesi çalışmanın ana eksenini oluşturmaktadır.

Çalışma, konuyla ilgili mimarlık literatürünün incelenmesi; çeşitli kitap, yazı, tez, bildiri, makale ve görüşlerin ışığında şekillenmeye başlamıştır. Öncelikle araştırmanın konusuna ilişkin bazı ana kavramlar, sorun alanının belirlenmesi ve çerçevenin gösterilmesi amacı ile tanımlanmıştır.

Bu doğrultuda, **kapsam** belirlenmiştir. İlk bölümde ses ve özellikleri tanımlanmış; gelişme bölümünde ise yapı akustiği kriterleri, gürültü denetimi ve hacim akustiği olarak iki alt başlık halinde incelenmiştir. Son bölümde de incelenen kriterler doğrultusunda iç mekan malzeme kullanımları ile ilgili bir sınıflandırılma yapılmıştır. Bu malzemelerin yapı içindeki kullanımları, gözlem alanı olarak belirlenen mekanların işlevlerine bağlı olarak, örnekler üzerinden incelenmiştir.

Çalışmanın sonuç bölümünde genel değerlendirme yapılmıştır.

Çalışmanın temel aldığı **yöntem**, konuyla doğrudan ya da dolaylı yollardan ilgili kaynakların taranması ile kuramsal bir çerçeve oluşturup bunun mimarlık alanında, seçilen ve öne çıkan örnekler arasında somut karşılığını aramak, irdelemek ve yorumlamak; gözleme dayalı mekansal analizler yapmak esasına dayanmaktadır. Genel olarak, akustik bilimi alanında yapılan araştırmalardan faydalanılarak mimari bir bakış açısından karşılaştırmalar ve değerlendirmeler yapılmaya çalışılmıştır. Konuyla ilgili kavramların ve yöntemlerin tanımlanması çalışmanın kuramsal inceleme bölümünü, örneklerin değerlendirilmesi ise uygulama alanındaki inceleme bölümünü oluşturmaktadır. Birbiri ile etkileşim halinde olan her iki bölümün çalışmayı bir bütün haline getirmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 1 SES

Mimari yapıların akustik açıdan doğru tasarlanması, yapı ve hacim akustiği konularının temel bileşeni olan sesin özelliklerinin bilinmesi ile olanaklıdır.

Ses, fiziksel olarak bir basınç altında elastik bir ortamdaki parçacıkların yer değiştirmesi olarak tanımlanır. Titreşim olarak belirtilen bu olayın insan kulağında yarattığı etkiler insanın sesi algılaması olarak görülebilir. Bir enerji olarak açıklanan ses, ortamın özgül ağırlığına, esnekliğine ve koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Sesin bir noktadan ötekine iletimi için elastik bir ortamın varlığı gereklidir.

İnsan kulağında işitsel duyulanma uyandıran maddesel ortamdaki basınç değişimlerine ses denir. (Karabiber, 1992).

Maddesel görüşe göre, işitme sınırları dışında da ses, her zaman için evrende var olan, ancak şiddet ve frekansı çeşitli malzemelere çarparak yansıma veya yutulma yoluyla değişim gösteren, fiziksel ve fizyolojik bir kavramdır.

Sesi tanımlanabilir kılan özellikler, sesin yayılma hızı, frekansı, dalga boyu ve şiddetidir. Sesin yayılma hızı (m/sn), çeşitli ortamlarda molekül düzenlerinin farklı olmasından ötürü, malzemenin elastiklik modülüne (kg/cm^2) ve birim ağırlığına (gr/cm^3) bağlı olarak değişim göstermektedir. Ayrıca ortamın sıcaklığı da sesin yayılma hızı üzerinde etkili olmaktadır.

1.1 Sesin Tanımı ve Yardımcı Kavramlar

Ses, hareket halindeki bir cisimden oluşarak titreşime dönüşmüş molekül hareketlerinin belli bir şiddet ve frekans sınırları içerisinde belirginleşen ve kulağımıza işitme hissi doğuran küresel bir dalga hareketidir.

Bir titreşimde ses alanının iletildiği ortamın parçacıkları, periyodik (devinsel) hareketler yaparlar. Bu hareketler basit ya da karmaşık olabilir. Hatta periyodik olmadıkları durumlar da vardır. Bu durumda, ses terimi yerine gürültü terimi kullanılır. Titreşim sonucunda ortaya iki tür dalga çıkar. Diğer bir deyişle, titreşimler, kütsel parçacıkların, dalganın yayılma yönündeki yer değiştirmelerine bağlı olarak

karakterize edilmiştir. (Kurra, 1984)

Boyuna Dalgalar: Titreşen parçacık, dalganın yayıldığı doğrultuya paralel olarak hareket ettiği zaman oluşur.

Enine Dalgalar: Parçacık, yayılma doğrultusuna dikey olarak titreştiği anda ortaya çıkan dalgalara denilmektedir. Bu türde boyuna dalgaların tersine, basınç oluşturan kuvvet, yayılma doğrultusuna dik etki etmektedir. Herhangi bir dalganın yayılması, iki farklı hareketi içerir.

1. Dalgayı taşıyan ortamın parçacıkları, harmonik biçimde titreşirler. Değişik zamanlarda buldukları yerler, harmonik hareketin periyot, genlik ve fazı gibi özelliklerine bağlıdır.
2. Dalganın kendisi, homojen bir ortam içinde, sabit hızla ileri doğru gider ve eşit zaman periyotları içinde eşit miktarda ilerler.

Tek Parçacığın Titreşim Hareketi: A'dan başlayarak B'ye, sonra tekrar A'ya veya 0'a gelmesi bir titreşim hareketini oluşturur. Ses, titreşiminin yayılma doğrultusu olan boyuna dalgalar şeklinde yayılır.

Sesin tanımlanmasında; inceliği-kalınlığı, azlığı-çokluğu ve tınısı olarak üç temel kriter kullanılır. Sesin bu özellikleri birbirinden bağımsız olarak değişebilmektedir.

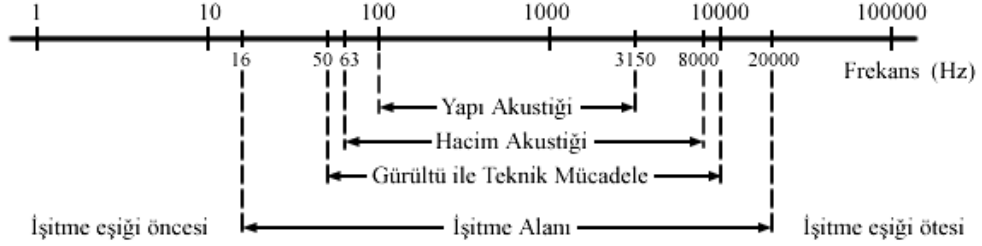
1.1.1 Sesin İnceliği ve Kalınlığı

Sesin inceliği ve kalınlığı konusu,sesin oluşmasına temel olan parçacık hareketinin özelliklerine bağlı olarak yapılan frekans, devir süresi ve dalga boyu tanımlamalarını içermektedir.

1.1.1.1 Frekans

Bir partikülün bir saniyedeki yer değiştirme ve salınımına verilen addır. Frekans “f” harfi ile gösterilir. Frekansı yaklaşık olarak 16 ile 16.000 arasında olan titreşimler insanda işitsel duyulanmayı doğurur. Frekansın birimi “Hertz” Hz'dir. 1 Hertz saniyede bir titreşimdir. Frekansı 16 Hz'in altındaki titreşimlere sesaltı, 16 Hz üstü olanlara ise sesüstü titreşimler denir.

Kişiye göre bu aralık miktarı değişim göstermektedir. Merkez frekanslar 63, 125, 250, 500, 1000, 2000 ve 4000 Hz arasındadır.



Şekil 1-1: Akustikte ses frekans alanının dağılımı, (Özer, 1979)

Duyduğumuz sesler genellikle birbiri üstüne binmiş birçok frekanstan oluşur. Bunların içindeki en düşük frekansa temel frekans (*fundamental ton*) denir. Frekans yükseldikçe saniyedeki titreşim sayısı artar. Ses incelir.

1.1.1.2 Devir Süresi

Bir titreşimin gerçekleşme süresidir. Devir süresi "T" harfi ile gösterilir. Devir süresinin birimi saniyedir.

$T = 1/f$ olarak ifade edilir.

T = Devir süresi (sn)

F = Frekans (Hz)

1.1.1.3 Dalga Boyu

Titreşim hareketinin bir devir süresi boyunca aldığı mesafeye verilen addır. Dalga boyu λ harfi ile gösterilir. Birimi metre (m)'dir. Hem titreşim hareketinin özellikleri, hem de ortamın özellikleri ile bağlantılıdır.

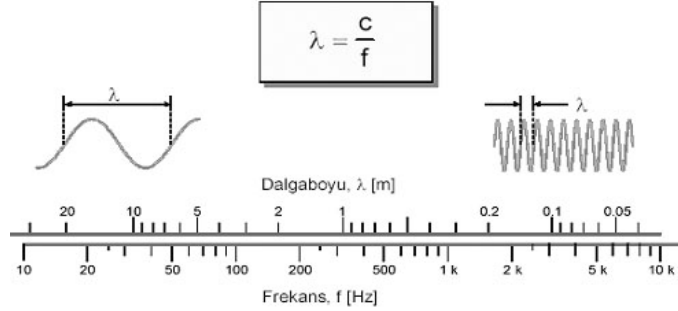
$\lambda = c/f$

λ = Dalga boyu (m)

c = Sesin yayılma hızı (m/sn)

f = Frekans (Hz)

Dalgaboyu ve Frekans



Şekil 1-2: Frekans ve dalgaboyu, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)

1.1.2 Sesin Azlığı ve Çokluğu Kavramları

Sesin ortam içindeki oluşturduğu basınç ve enerji değişimlerine bağlı olarak değişim gösteren yeğinlik, akustik basıncı, ses gücü, genlik ve ses düzeyinin tanımları bu başlık altında incelenebilir.

1.1.2.1 Yeğinlik

Birim zamanda yayılma doğrultusundaki birim alandan geçen ses enerjisinin ortalama değeridir. Herhangi bir serbest ilerleyen (düzlem ya da küresel) dalga için yeğinlik aşağıda belirtildiği gibidir. Simgesi I , birimi Watt/m^2 'dir.

$$I = p^2 / \rho c$$

I = Sessel yeğinlik (W/m^2)

p = Akustik basınç ($\text{Pa} = \text{nt/m}^2$)

ρ = Özgül ağırlık (kg/m^3)

c = Sesin yayılma hızı (m/sn)

Ses yeğnliği, kimi doğrultularda enerji akımı olduğu halde, kimi doğrultularda olmayabilir. Bu nedenle doğrultunun belirlenmesinde yarar vardır. Hem niceliğinin hem de doğrultusunun olması, ses yeğnliğinin vektörel bir büyüklük olması sonucunu doğurur. Ses yeğnliği genellikle, içinde ses enerjisi akımı olan, belirlenmiş bir alana dik doğrultuda ölçülür.

Kimi durumlarda enerji ileri ya da geri hareket ediyor olabilir. Bu durumda ses

yeğlinliği ölçülemez. Net enerji akımı yoksa, net yeğlilik de yoktur. (Karabiber, 1991)

1.1.2.2 Ses (Akustik) Basıncı

Ses titreşimlerinin hava basıncı üzerindeki değişimleri, ses basıncını (yani akustik basıncı) oluşturmaktadır. Bir ses kaynağının yakınındaki bir gözlem noktasında, ses dalgalarının geçişinden önce, hava basıncına (P) eşit olan, durağan bir basınç vardır. Ses dalgaları, gözlem noktasından geçerken, yol açtıkları ilave basınç (akustik basınç) aşağıdaki eşitlikle görüldüğü gibidir. Simgesi p, birimi pascal (Pa) ya da mikro bar (µbar)'dır.

$$p_a = p_o \sin 8 (2\pi f) t$$

p_a = Akustik basınç (Pa, Paskal)

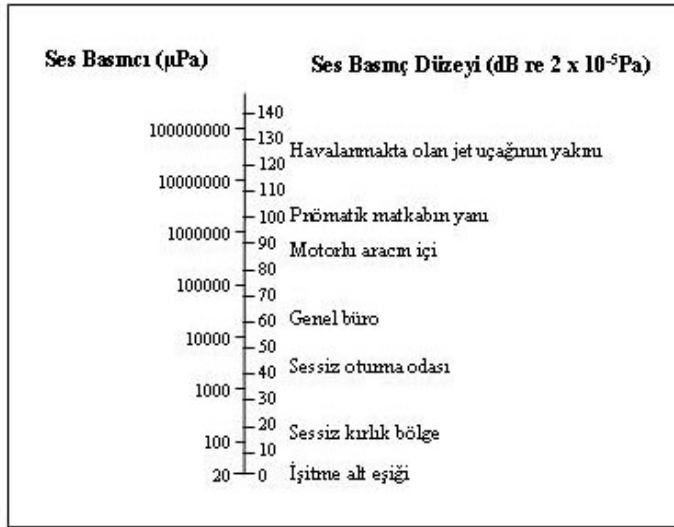
p_o = Basınç genliği sabiti

f = Frekans

t = Zaman

Akustik basınç hava basıncının üzerine eklenir. Böylelikle gözlem noktasındaki toplam basınç aşağıda gösterildiği gibi bulunur.

$$p_a = p + p_o \sin (2 \pi f) t$$

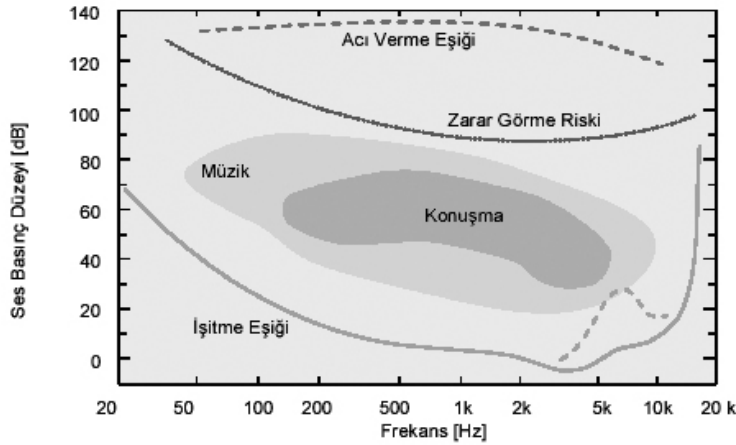


Şekil 1-3: Ses basınç düzeyleri karşılaştırılması (Karabiber, 1992)

Birbirine en yakın iki sıkışma (basınç fazlalığı) ya da iki açılma (basınç azlığı) bölgesi arasındaki uzaklık, dalga boyudur.

Genliğin artmasıyla, basınç fazlalığı ve basınç azlığı arasındaki farklılığın da artacağı açıktır. Akustikte bu basınç farklarına akustik basınç adı verilir. Akustik basınç, işitilebilen en hafif sesle en yeğin ses arasında 0,0002 mikrobar ile 200 mikrobar arasında değişen değerler alır. Akustik basıncı 200 mikrobardan daha çok olan titreşimler, kulakta ses yerine kulak zarına katı bir cisimle dokunuluyormuşçasına acılı duyulanmalar doğurur. (Sirel, 1974)

İşitme Sınırları



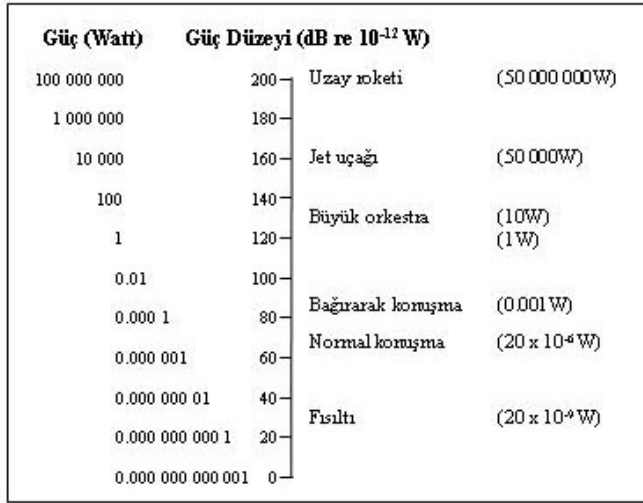
Şekil 1-4: İşitme Sınırları, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)

1.1.2.3 Ses Gücü

Simgesi W, birimi Watt (W)'dır. Güç sözcüğü, mühendislikte, insan kontrolünde üretilen ve mekanik iş yapmaya uygun enerjiyi belirtir. Ses gücü ise akustik enerjinin yayılım (*emission*) hızıdır. Gücün birimi olan Watt, saniyede 1 joule'luk enerji üretimi yapan güç olarak tanımlanır. Bir ses kaynağı, ses gücü yayımlar ve bunun sonucunda ses basıncı oluşur.

İşittiğimiz şey, kaynağın yayımladığı ses gücünün yol açtığı ses basıncıdır. Mimari akustikte karşılaşılan ses kaynaklarının ses gücü genelde oldukça düşüktür. Ses gücü genelde Watt ya da pikowatt (1 pikowatt = 10^{-12} Watt) cinsinden gösterilir.

Anlık güç (ses enerjisinin herhangi bir andaki yayımlanma hızı) çok değişkendir. Herhangi bir zaman aralığındaki maksimum değere, uç gücü adı verilir. Ortalama güç genelde uç gücün çok altındadır ve ortalamanın alındığı zaman aralığı ile ortalamanın alınma biçimine bağlıdır. (Karabiber, 1991)



Şekil 1-5: Ses güçleri ve ses gücü düzeyleri (Karabiber, 1992)

1.1.2.4 Genlik

Simgesi a , birimi metre (m)'dir. Titreşen bir taneciğın, maksimum ayrılmasına, titreşimin genliğı denir. Uygulamalı alanda, havada doğan ses dalgalarının genlikleri çok küçüktür. İnsan kulağının algılayabildiğı en hafif sesin genliğı 0,1 μm 'dir. Genliğın üst sınırı olan 100 μm ise, kulağın zarar görme sınırıdır.

1.1.2.5 Ses Düzeyi

Tanım olarak düzey, verilen bir büyüklüğün aynı cinsten bir referans büyüklüğe oranının logaritmasıdır.

Mimari akustikte ses düzeyleri, desibel cinsindedir. Desibel (dB) güçle orantılı iki büyüklüğün oranını anlatan düzey birimidir. Bu orana gelen desibel değerleri, bu oranın logaritmasının 10 katıdır.

$$1 \text{ dB} = 10 \log_{10} r \quad r = W/W_0$$

R simgesinin çeşitli cinsten verilen büyüklüklerin oranı olduğu kabul edilirse, ses basıncı, gücü ya da tanecik hızının oranları düşünülmelidir.

Ses basınç düzeyinin simgesi SPL, birimi (dB)'dir. P basınçlı bir sesin ses basınç düzeyi SPL aşağıda belirtilen denklemde olduğu gibidir.

$$\text{SPL} = 10 \log (P/P_0)^2 = 20 \log (P / P_0)$$

SPL= Ses basınç düzeyi (dB)

P = Ses basıncı (Pa)

P₀= Referans ses basıncı (2×10^{-5} Pa)

Ses gücü düzeyinin simgesi Swl, birimi (dB)'dir. Bir kaynağın ses gücü Watt cinsinden gösterilir. Kimi durumlarda, ses kaynaklarının güçlerinin, ses gücü düzeyi cinsinden belirlenmesi uygun olur. Bir kaynağın ses gücü düzeyi aşağıda belirtilen denklemde olduğu gibidir.

$$\text{SWL} = 10 \log (W/W_0)$$

SWL = Ses gücü düzeyi (dB)

W= Ses kaynağının ses gücü (Watt)

W₀= Referans ses gücü (10^{-12} Watt)

Yeğİnlik düzeyinin birimi I'dır. I yeğİnliğindeki bir sesin düzeyi IL olarak gösterilir.

$$\text{IL} = 10 \log (I/I_0)$$

IL= Yeğİnlik düzeyi

I = Yeğİnlik

I₀= Referans ses yeğİnliği

Toplam Ses Düzeyi

Bir ses kaynağı normal bir hacimde (yani serbest alan odası ya da yansıma odası olmayan bir hacimde) yer aldığında, hacimdeki ses alanı, serbest ses alanı ile

yansıymış ses alanlarının toplamından oluşur.

$$I_t = I_d + I_y$$

I_t = Toplam ses yeğinliğı

I_d = Dolaysız ses yeğinliğı

I_y = Yansıymış ses yeğinliğı

1.1.3 Tını

İnsan kulağı kim sesleri ayırt edebilme özelliğine sahiptir. Bir piyanonun başka bir sestem farkının anlaşılması sesin tınısına bağıdır. İşitilen sesin ne sesi olduğu, neye ya da kime ait olduğunu anlamaya yarayan ses bileşenine tını denir.

Genellikle, ses kaynaklarının çıkardığı sesler tek frekanslı olmazlar. Ses, temel bir ses ve onun uyumlularından oluşan bir topluluk olarak görülmelidir. Bu topluluğa karmaşık ses denir. Karmaşık sesin uyumlularından en kalın olanına temel ya da birinci uyumlu denir. Sesin tınısı, temel sese eşlik eden ve her ses kaynağına göre değışen ve de o ses kaynağına özgü olan uyumlulardır.

Bir sese çoğunlukla yedi, sekiz doğal uyumlusu eşlik eder. Bir sese eşlik eden uyumluların sayısı ve yeğinliklerinin oranı, o sesin ne sesi olduğunu tanımamızı sağlar. Yani uyumluları, sese bir ses frekansı ve yeğinliğı dışında tını diye adlandırılan belirli bir karakter verir.

1.2 Sesle İlgili Fiziksel Olaylar

Sesin doğması, yayılması, yansıması, kırılması, yutulması ve geçişi bu başlık altında incelenecek fiziksel olaylardır.

1.2.1 Sesin Doğması

Sesin doğması, yani başka bir cins enerjinin ses enerjisine dönüşmesi, doğal veya yapay olarak, mekanik ya da fiziksel olaylar sonucu ses titreşimlerinin elde edilmesi demektir.

Bir ses kaynağının yarattığı akustik basınç genellikle ve yaklaşık olarak, yayın yapan

yüzeyin büyüklüğü ve hızı ile doğru orantılıdır. Pratikte rastlanan ses kaynakları için kesin bir formül vermek olanaksızdır.

Sesin doğması ile ilgili sınıflar:

- Titreşim yapan katı cisimler: Yaylı çalgılar, telli çalgılar, vurgulu çalgılar, hoparlör ve telefonlar
- Titreşim yapan hava sütunları: Nefesli çalgılar
- Hava içinde hızla yer değiştiren cisimlerin ya da aralıklardan hızla geçen havanın doğurduğu hava burgaçları: Kapı ve pencere aralıklarında uğuldayan rüzgar, türbinli uçak vb.
- Birdenbire olan basınç değişimleri : Patlamalar, şimşek, yıldırım gürültüleri vb. (Sirel, 1974)

1.2.2 Sesin Yayılması

Ses, ortamın geometrik özelliklerine bağlı olarak üç şekilde yayılır. Yayılış, tek, iki ve üç boyutlu ortamlarda farklılıklar gösterir.

1.2.2.1 Tek Boyutlu Ortamlarda Sesin Yayılması

Boyutlarından biri, ötekilerin en az on katı olan ortamdır. Yapılarda tek boyutlu ortamlara örnek olarak uzun koridorlar, yüksek yapıların merdiven ve asansör boşlukları, havalandırma kanalları, su ve ısıtma tesisatları gösterilebilir.

Bu gibi tek boyutlu ortamlarda ses ya ortam içinde doğar ya da herhangi bir şekilde dışardan tek boyutlu ortama girer. Her iki durumda da ortamın özelliklerinden ötürü küresel dalgalar düzlem dalgalara dönüşür. Düzlem dalgalarla yayılan ses enerjisinin birim yüzeye düşen bölümü uzaklığın karesiyle orantılı olarak azalır. Buna karşın, düzlem dalgalarda ses enerjisinin birbiri ardından ulaştığı yüzeylerin aralarında bir büyüme olmadığından, birim yüzeye düşen enerjide de geometrik özelliklere bağlı bir azalma olmaz. Yani düzlem dalgalar halinde yayılan sesin yeğinliği, çeşitli yutulmalar bir yana bırakılırsa, kaynaktan uzaklaştıkça geometrik nedenlerle azalmayıp hep aynı kalır. Bu cins yayımlarda ses yeğinliği düzeyinde, yutulma

dışında değişiklik görülmez. (Sirel, 1974)

1.2.2.2 İki Boyutlu Ortamlarda Sesin Yayılması

Boyutlarından biri ötekilerin en çok onda biri olan ortamdır. Hacim olarak bu cins ortamlara pek rastlanmaz. Yapı elemanı olarak ise döşeme ve duvarların hemen hepsi iki boyutlu olarak kabul edilebilir. Bu cins ortamlarda, ses enerjisi geometrik nedenlerle fazla dağılmadan oldukça uzaklara az bir kayıpla gidebilir. (Sirel, 1974)

1.2.2.3 Üç Boyutlu Ortamlarda Sesin Yayılması

Üç boyutlu olarak niteleyebileceğimiz ortamlarda sesin yayılması sınırsız ortamlar (açık hava) ve sınırlı ortamlarda (kapalı hacimler) farklılıklar gösterir.

- Üç boyutlu sınırsız ortamda ses kaynağının özelliklerine göre küre, küre parçaları ya da bunlara yakın şekillerdeki dalgalar halinde yayılacağından ses enerjisinin birim yüzeye düşen bölümü kaynağa olan uzaklığın karesiyle azalır.

Açık havada sesin yayılmasında, rüzgar ve sıcaklığın etkisi ile sesin yayılış doğrultusundaki doğru ya da eğrilere ses ışınları; bu ışınlara dik yüzeylere ise dalga alını adı verilir.

- Yapı akustiğinde üç boyutlu sınırlı ortamlardan yapıların içindeki çeşitli hacimler anlaşılır. Sesin yayılma hızı bu gibi hacimler içinde ortalama 345 sn/m'dir. Demek ki normal boyutlu hacimlerde, ses peş peşe yansımalar sırasındaki yutulmalarla sönüp gidinceye kadar çok defa yansıyacaktır. Böylece kapalı hacimlerde yayınık ses alanı doğar. Bu alan, hacmin küçüklüğü oranında daha yayınık olur. Çok büyük kapalı hacimlerde yayınıklık azalır.

Yayınıklığın en önemli özelliklerinden biri, ses alınının doğrultusuz oluşu başka bir deyişle, ses kaynağının yeri ve duruşuyla ilgili olmayışıdır. Bunun sonucunda yayınık alanda, ses yeğninliğinin bütün noktadaki yayınıklık oranı aynı olur. Yani kapalı bir hacimde ses o hacmi doldurur. Bütün noktalarıyla yaklaşık olarak belirli bir ses düzeyi meydana getirir. Bu düzey, ses kaynağının yayınladığı ses enerjisi ile

hacmin bütün yutucu yüzeylerinin yuttuğu ses enerjisi arasında dengeyi gösterir. (Sirel, 1974)

Sesin hacim içinde yayılması, pek çok yolla sağlanabilir; bunların en çok kullanılanları aşağıda sıralanmıştır:

- Yüzeylerde, girinti ve çıkıntı ya da malzeme farklılıkları gibi düzensizlikler ve ses saçıcı elemanların bolca kullanılması;
- Ses yansıtıcı ve yutucu yüzeylerin ardışık düzenlenmeleri;
- Ses yutucu malzemelerin gelişi güzel, düzensiz dağılımı.

Hacim içinde yer alan yüzey düzensizlikleri, yayması gereken ses dalga boylarının en az 1/7'si kadar olmalıdır. (Doelle, 1972)

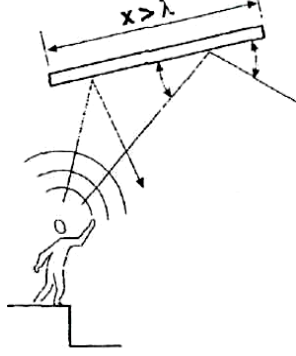
1.2.3 Sesin Yansımaları

Hava içindeki yayılan ses enerjisi, duvar döşeme kapı perde camlı bölme vb. engelle rastladığı zaman, bu enerjinin bir bölümü bu engelin yüzeyinde yansır. Bir bölümü çeşitli şekillerde engeli geçer; bir bölümü de yine çeşitli şekillerde engelde yutulur. Engelin yüzeyinde yansıyan, engeli geçen ve engelde yutulan enerjilerin oranları ve bununla ilgili fizik özellikler, sesin engelleri geçmesi ve sesin yutulması konularında incelenecektir. (Sirel, 1974) (Bkz. 1.2.5. Sesin Yutulması)

Sesin yansımaları çoğu zaman ışığın yansımalarına benzetilir. Yansıma, düzgün ya da yayınık olur. Yansıtıcı yüzeyin girinti ve çıkıntıları, pürüzleri, pütürleri, yani düzgünsüzlükleri yüzeye gelen ışınımın dalga boyundan küçükse yansıma düzgün olur. Yansıtıcı yüzeyin düzgünsüzlüklerinin boyutları yüzeye gelen ışınımın dalga boyu ölçülerinde ya da daha büyükse yansıma yayınık olur. Yayınık yansımada, yansıyan ışınım gelen ışınımın doğrultusuyla bazen az ilgili olan bazen de hiç ilgili olmayan birçok doğrultulara dağılır. (Sirel, 1974)

- Düzlem yüzeyde yansıma: Ses dalgasının bir ışınımın çarptığı nokta ile normali arasındaki açı sabit kalmak suretiyle aynı açı ile yansır. Yalnız ses dalgasının yansımaları için yansıtıcı yüzeyin boyunun dalga boyundan büyük olması gereklidir.

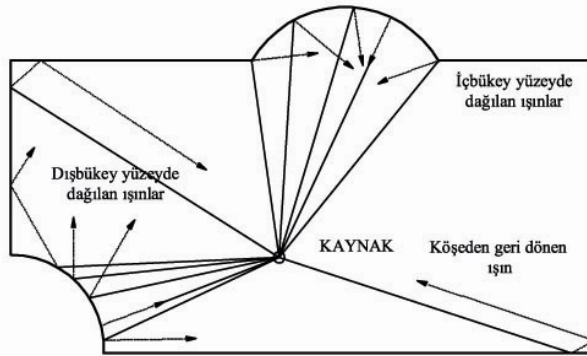
Bu koşul sağlanmadığı zaman sesin yansımaya açısı, geliş açısına eşit olmaz. Dolayısıyla ses saçılarak dağılır.



Şekil 1-6 : Düzlem yüzeyde yansımaya, (Budak, 1994)

- Dış bükey yüzeylerde yansımaya: Ses ışınları dış bükey dairesel yüzeylere çarptığı zaman, her ışın çarptığı noktada dış bükey eğrinin normaline nazaran geliş açısıyla eşit bir yansımaya açısı yaparak yansır. Sesin dağılması amaçlandığında dış bükey yüzeyler kullanılır.

- İç bükey yüzeylerde yansımaya: Ses ışınları iç bükey yüzeylere çarptığı noktada dairenin normali ile eşit açı yaparak yansır. Bu yüzeylere çarpan ses ışınları kapanarak yansır. Bu da odaklanma ve ses konsantrasyonuna neden olur.

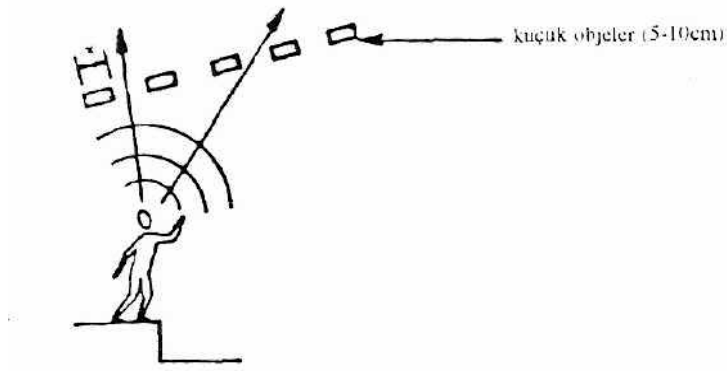


Şekil 1-7 : Ses ışınlarının farklı yüzeylerden yansımaya, (Budak, 1994)

1.2.4 Sesin Kırılması

Sesin kırılması, ses dalgalarının izotrop olmayan bir ortamda (yani özellikleri doğrultuya göre değişen bir ortamda) hız değişimleri sonucu, ya da bir ortamdan başka bir ortama geçmeleri sonucu, doğrultu değiştirmeleri olayıdır. (Sirel, 1974)

Kırılma, ses dalgalarının, köşeler, kolonlar, duvarlar, kirişler gibi engellerde bükülerek uzaklaşması ya da saçılmasıdır. Küçük, üniform, düzgün hacme sahip yansıtıcı yüzeyler istenmeyen kırılma etkileri yaratabilir.

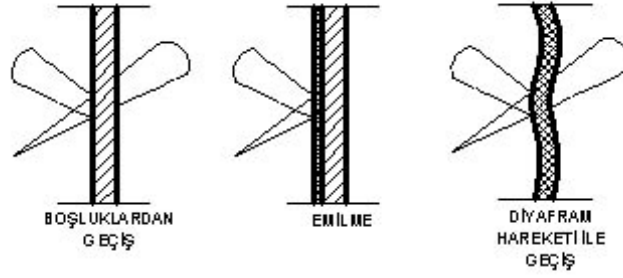


Şekil 1-8 : Sesin kırılmasının şematik gösterimi, (Budak, 1994)

1.2.5 Sesin Yutulması

Sesin emilmesi, ses enerjisinin başka bir enerji türü ya da ses dışı titreşimlere dönüşmesi olarak tanımlanır. En rastlanan durum ses enerjisinin emilerek ısı enerjisine veya titreşerek hareket enerjisine dönüşmesidir.

Gerçekte hiçbir malzemenin tam bir katı yüzeye sahipmiş gibi görülmemesi gerekmektedir. Ses yüzeyden tam bir yansıma gerçekleştirmez ve sesin bir miktarı malzemenin oluşum niteliğine göre emilme suretiyle kaybolur. Yüzeyin emilme katsayısı yansımayan sesin gelen sese oranı olarak kabul edilir. Emilme katsayısı α ile simgelenir.



Şekil 1-9 : Sesin yutulması (Baytın, 1963)

- Sesin Emilerek Isı Enerjisine Dönüşümü: Sesin çarptığı yüzeyin oluşumuyla ilgilidir. Boşluklu malzeme yapısal olarak kılcal borular ve aralarındaki hava boşluklarından oluşmaktadır. Emilen ses, malzemenin içeriğinde bulunan kılcal borular ve aralıklardaki havanın titreşmesi sonucunda çeperlerine sürtünmeye başlamaktadır. Bu olay da ses enerjisinin az ya da çok bir kısmının ısı enerjisine dönüşmesine yol açmaktadır. Bu şekilde sesin emilmesi sürtünmenin fazlalığına ve malzemenin porozite özelliklerine, titreşim hareketinin frekansına, genliğine bağlıdır. Boşlukların çok ince ya da az olması ve titreşim hareketini azaltması sonucu emilme az olmaktadır. Boşlukların çoğalması durumunda titreşim kolayca harekete geçer. Fakat bu olayın neticesinde sürtünme az olacağından emilim de az olacaktır.
- Sesin Emilerek Hareket Enerjisine Dönüşümü: Sesin emilerek titreşme vasıtasıyla hareket enerjisine dönüşmesi kullanılan malzeme ile ilgilidir. Malzemenin boşluklu değil, esnek yapıda olması nedeniyle ses dalgalarının yüzeye çarpması akustik basınç oluşturmaktadır. Oluşan basınç farkı nedeniyle düzlem dalgalar bir piston gibi hareket ederek titreşimleri oluşturmaktadır. Bu şekilde ses enerjisinin bir kısmı kaybolur.

Bir malzemenin ses yutuculukta, belli bir frekans içinde, ne derece yeterli olduğu, ses yutuculuk katsayısı ile değerlendirilir. Bir yüzeyin ses yutuculuk katsayısı, o yüzeye gelen ses enerjisinin yutulan ya da yansıtılmayan oranıdır ve α ile gösterilir. Bu değer; 0 ile 1 arasında değişebilir. Örneğin, akustik bir malzemenin, 500 Hz'de üzerine gelen ses enerjisinin % 65 'ini yutup, % 35'ini yansıtması, o malzemenin 500 Hz'deki yutuculuk katsayısının 0.65 olduğunu gösterir. Tuğla, beton, taş gibi sert

yüzeyle sahip malzemeler ise ses enerjisinin ancak %5'ini yutarak, 0.05'lik bir yutuculuk katsayısına sahip olurlar. Bu değer, kalın yalıtım örtülerinde 0.80'i bulur. Ses yutuculuk katsayısı değeri, ses dalgasının geliş açısına ve frekansa göre değişir. Ancak akustik literatürde yer alan ses yutuculuk katsayısı değerleri, geliş açılarının ortalamaları ile elde edilmiştir.

Bir yüzeyin ses yutuculuğu, sahip olduğu ses yutuculuk katsayısı ile yüzey alanının çarpımı sonucunda elde edilen ve Sabine adı verilen birim ile ölçülür. 1 sabin, $\alpha=1$ yutuculuk değerine sahip 1 m² alanı temsil eder. ¹

Ses yutucu malzemeler, başta reverberasyon kontrolü olmak üzere hacimlerde gürültü azaltımı ve eko kontrolünde kullanılırlar. (Budak, 1994)

1.2.6 Sesin Geçişi

Sesin geçmesi, genellikle ses erkesinin bir ortamdan başka bir ortama geçmesi anlamına gelir. Geçen ses erkesinin hesap şekli, bu erkenin büyüklük aşaması ve ses geçmesine karşı alınacak tedbirler açısından temel farklar gösteren dört ayrı biçimde incelenebilmektedir: (Sirel, 1974)

- Sesin açıklıklardan geçmesi: Sesin bir ortamdan diğer bir ortama geçmesi için süreklilik sağlayan bir aralıktan geçmesine verilen addır. Bir açıklıktan geçen ses erkesi, açıklığın boyutları ve sesin dalga boyu arasındaki farkla ilintilidir.
- Sesin geçirgenlikle geçmesi: Bir ortamın atom ya da moleküllerinin sesle ilgili titreşimlerinin, iki ortamı ayıran sınırdaki, ikinci ortamın atom ya da molekülleri üzerindeki etkisiyle, atom ya da molekül ölçeğinde bir olayla bir ortamdan öteki ortama geçmesine geçirgenlikle geçme denir. Sesin bu türlü geçişi, ısı geçişine benzetilmektedir.(Sirel, 1974)

¹ Özellikle toplanma mekanları incelendiğinde, bir insanın, kumaş kaplı bir koltuk üzerinde, 500 Hz'de sağlayabileceği yutuculuk yaklaşık 4-5 sabin olduğu görülmüştür. Ancak izleyicilerin yutuculuğa katkısının, bir metreye kadar olan yan geçişlerin de dahil edildiği, izleyicilerin zeminde kapladıkları alan olarak almak daha yaygın bir davranıştır. (Doelle, 1972)

Sesin geçişi esnasında ortamların elastiklik modülü oranına bağlantılı olarak kayıplar söz konusu olmaktadır.

Hava ile katı cisimler arasındaki esneklik modülü oranı yaklaşık olarak 10^5 dir. Logaritmik olarak hesaplanan dB cinsinden, bu değer 50 dB eder. Yani ses havadan duvara geçerken yaklaşık olarak 50 dB azalır. Bu şekilde düşünöldüğünde sesin diğer mekana geçmesi için 50 dB bir kayıp söz konusudur. Bu durumda duvarın kalınlığının rolü yoktur.

- Sesin cidar titreşimiyle geçmesi: Ses dalgalarının duvar, döşeme, kapı, cam bölme vb. cidarları bütünüyle titreştirmesi ve titreşen bu cidarların da, öteki yanda bulunan havayı tıpkı bir hoparlör gibi titreştirmesi ile sesin geçmesi olayıdır. Geirgenlikle geçmede titreşime geçen, örneğin bir duvarın kitlesi içindeki moleküller iken, cidar titreşimi ile geçmede titreşime geçen duvar kitlesinin bütünüdür.

Sesin cidar titreşim ile geçmesinde etkin olan, sesin hava basıncı içindeki değişimler olarak görölmektedir. Sesin yutulması ile sesin geçmesinin birbiri ile karıştırlmaması gerekmektedir.

- Sesin dolaylı geçmesi: Sesin cidar titreşimiyle geçmesinde, cidarın dalgalanma hareketleri yaptığı ve cidarların esnekliği oranında bu hareketin cidar boyunca yayıldığı açıklanmıştır.

Sesin cidarlardan dolaylı geçmesini önlenmek amacıyla alınacak tedbirler aşağıda sıralanmıştır.

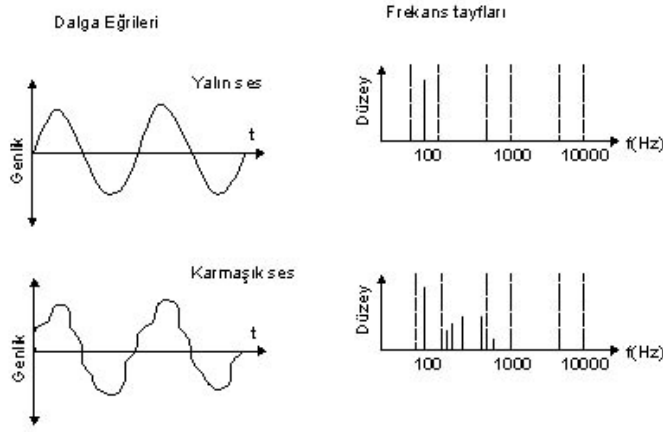
- Esnekliği az gereç kullanmak;
- Bağdaşık olmayan, yani homojen değil heterojen, cidarlar yapmak (beton duvar yerine tuğla duvar yapmak);
- Cidarda gereç değişikliği yapmak ve böylece yayılma doğrultusunda ortam farkı yaratarak geçmede kaybı sağlamak;
- Olanaklı ise en kesin çare olarak kesiklik yapmak.

1.3 Sesin Sınıflandırılması

Ses, düzenli ve düzensiz olarak iki ana grupta toplanabilir.

1.3.1 Düzenli Sesler

Düzenli sesler: Frekansı ya da notası belirlenebilen devrimsel seslerdir. Yalın ve karmaşık sesler olarak iki gruptan oluşur. Yalın sesler tek frekanslı, uyumluları doğada bulunmayan yapay seslerdir. Karmaşık sesler ise temel ses ve uyumlulardan oluştuğundan tınısı belirgin olan seslerdir. (Karabiber, 1992)



Şekil 1-10 : Yalın ve karmaşık sesler (Sirel, 1974)

1.3.2 Düzensiz Sesler (Gürültü)

Fiziksel açıdan düzensiz sesler gürültü olarak tanımlanmaktadır. Gürültüler, genelde frekans ve yeğ inlik dağılımları gelişigüzel olan az ya da çok sayıda frekansın birleşiminden oluşur. (Karabiber, 1992)

Rahatsız edici, sıkıntı veren ya da çalışma, dinlenme, eğlenme gibi günlük eylemlere zarar verici her türlü ses olarak kabul edilen gürültü, yeğ inliği yüksek olan ve hoş gitmeyen ya da beklenmeyen bütün sesleri kapsar. (Doelle, 1972)

Sesin gürültü olarak kabul edilip edilmemesi; ses basınç düzeyine, frekansına, süresine, zamanlamasına, ses kaynağının nitelik ve niceliğine, kişinin ruh haline ve yapısına bağlıdır. Ses ne kadar nitelikli ve hoş gider olursa olsun, yeğ inliği fazla ise

gürültü olarak kabul edilir.

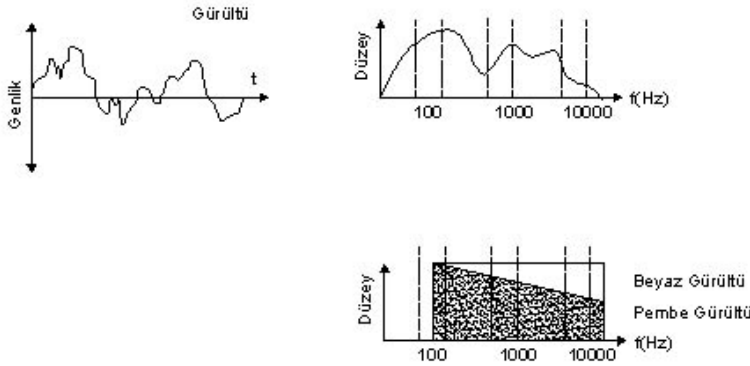
Ses etki süresi artıkça gürültü niteliği kazanabilir. Sürenin yanında sesin gürültü olarak kabul edilmesi için zaman içindeki dağılımında önemlidir.

Sesin zamanlaması da gürültü olarak tanımlanmasına etki edebilir. Gece duyulan sesler, gündüz duyulan seslere göre daha rahatsız edici olabilir. Bunun nedeni fon gürültüsü olarak tanımlanan arka planda ortam içinde düzenli olarak orta yeğinlikte bir ses bulunmasıdır. Gece fon gürültüsünün azalması nedeniyle çeşitli sesler gürültü niteliği kazanır.

Sesin gürültü olarak tanımlanmasında insanın ruh hali ve kişisel değerlerde etken olabilmektedir. Bunu nedeni insanın öznel değerlendirme kriterleri ile ilgilidir. Kişi yorgun, hasta vb. bir konumda ise bu konuda daha hassas olabilir.

1.3.2.1 Gürültü İle İlgili Fiziksel Tanımlamalar

Sesler düzenli (yani frekansı- notası belirlenebilen) ya da düzensiz titreşimlerden oluşabilir. Fiziksel açıdan düzensiz sesler gürültü olarak tanımlanabilir. Gürültüler genelde frekans ya da yeğinlik dağılımları gelişigüzel olan az ya da çok sayıda frekansın birleşiminden oluşur. Bütün frekanslarda yeğinlik dağılımları aynı olan ve işitilen frekans alınının tümünü kaplayan gürültülere beyaz gürültü adı verilir. Beyaz gürültü doğada var olmayan ancak ölçmeler için özel olarak üretilen bir gürültüdür. Ölçmeler, kimi zaman pembe gürültü olarak adlandırılan ve yeğinlikleri oktav ve frekansa göre 3 dB azalarak değişen yapay bir gürültü biçimidir. (Karabiber, 1992)



Şekil 1-11 : Düzensiz ses (Gürültü), (Sirel, 1974)

İstemli ve İstemsiz Gürültüler: Kişilerin bilinçli olarak ürettikleri gürültü türleri istemli olarak tanımlanır. Bu gruba örnek olarak kişilerin seslerini yükseltmesi ya da müziğin sesini açması gösterilebilir. İstemsiz olarak ise kişinin elindekileri yere düşürmesi ya da çalışırken çıkarılan seslerdir.

Yararlı ve Yararsız Gürültüler: Oluşma amacı olan gürültülere yararlı gürültüler, herhangi bir amacı olmayan; gürültülere ise yararsız gürültüler denmektedir. Üretim sırasında çıkarılan gürültüler, ulaşım gürültüleri ve benzerleri yararlı olarak sınıflandırılmaktadır.

Düzenli ve Düzensiz Gürültüler: Belirli bir döngü dahilinde oluşan gürültülere düzenli; dönüşümlü olmayan; tekrarlanmayanlara ise düzensiz gürültüler adı verilmektedir.

Ani ve Geçici, Çevreye Ait Sürekli Gürültüler: Aniden çıkan, sürekli olmayan ve oluştuğu gibi yok olan gürültüler bu çerçevede değerlendirilir. Buna gök gürültüsü, ulaşım araçlarının hareketleri örnek verilebilir. Çevreye ait olan gürültüler ise sürekli olan ve devam eden gürültülerdir. Trafik, şehir gürültüleri de bu sınıfa örnektir. (Sarp, 2002)

- **Gürültünün Zaman İçindeki Değişimlerine Göre Sınıflandırılması**

Seslerin zaman içinde frekansları ve yeğinlikleri değişebilir. Örneğin, zaman içinde ses incelip kalınlaşabilir ya da frekansı sabit kalan bir sesin düzeyi azalıp çoğalabilir. Bundan yola çıkılarak, gürültü zaman içindeki değişimlerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. (TSE, 1977)

Kararlı Gürültü: Gözlem süresince seviyesinde önemsiz küçük dalgalanmalar olan gürültüdür.

Kararsız Gürültü: Gözlem süresince seviyesinde önemli ölçüde değişiklik olan gürültüdür.

Dalgalı Gürültü: Gözlem süresince seviyesinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklik olan gürültüdür.

Kesikli Gürültü: Gözlem süresince seviyesi aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve

ortam gürültü seviyesi üzerindeki değeri 1 sn veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür.

Pulslu Gürültü: Her biri 1 sn'den daha az süren bir veya birden fazla ses darbeleri gürültüdür.

Yarı Kararlı Pulslu Gürültü: Ses darbeleri arasında 0,2 sn'den daha kısa aralıklara sahip, genlikleri karşılaştırılabilir bir seri darbeleri gürültüdür.

Ses Enerjisinin Tek Bir Darbesi: Darbenin dalga zarfı sabit veya sabite yakın genlikli veya geçici olarak azalan olabilir. (TSE, 1977)

- **Gürültünün Oluşma Yerine Göre Sınıflandırılması**

- *Yapının dış çevresindeki gürültüler:*

Ulaşım gürültüsü: Kara, hava ve deniz taşıtlarının oluşturdukları gürültüler

Sanayi gürültüsü: Sanayi, yapı, makine ve taşıtlarının oluşturduğu gürültüler

İnşaat gürültüsü: Yapıların inşaatları esnasında makinelerin oluşturduğu gürültüler.

Açık hava etkinlikleri gürültüsü: Kamu kullanımında olan şehre ait park, bahçe, panayır gibi alanlarda oluşan gürültülerdir.

- *Yapının içinde oluşan gürültüler:*

İnsan gürültüsü: Yapı içinde yaşayan kullanıcılardan kaynaklanan gürültülerdir. İnsan sesi, bağırarak gibi insan eylemleri, çevresindeki eşyaları kullanırken çıkan sesler örnek verilebilir.

Müzikle ilgili gürültü: Yapı içinde, müzik aletleri, radyo, televizyon gibi iletişim araçlarının oluşturdukları gürültü çeşitleridir.

Tesisat gürültüsü: Yapı içinde konfor şartlarının gerekliliği olan pis su, temiz su, hidrofor, elektrik, jeneratör, ısıtma, klima, asansör gibi tesisatlardan oluşan gürültülerdir.

Makine gürültüsü: Yapı içinde kullanılan buzdolabı, çamaşır makinesi, gibi ev aletlerinden oluşan gürültülerdir. (Doelle, 1972)

BÖLÜM 2 İÇ MEKAN YAPI AKUSTİĞİ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Çok geniş kapsamı olan akustik konusu, mimarları ilgilendiren gürültü denetimi ve hacim akustiği olarak iki temel bölümde incelenebilir.

Gürültü denetimi, insan kulağının konfor koşulları dahilinde istenen ses ve gürültü düzeylerinin belirlenmesi ve bunun doğrultusunda gerekli olan kontrolün yapılması ve önlemlerin alınmasıdır. Gelişen yapı tekniği, hafif iskelet sistemler kullanılmaya başlanması, kentlerde ve yapılarda gürültünün artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle gürültü denetimi hızla gelişen bir dal olmuştur.

Hacim akustiği ise ses dağılımının ön planda olduğu konser salonları, oditoryumlar vb. mekanlardaki optimum akustik düzenlemeyi içerir. Mimari akustik içinde geçmiş en eski olan konu eski Yunanlılardan beri incelenen hacim akustiğidir. Giriş bölümünde bahsedildiği gibi çağdaş anlamda temelleri Wallace Clement Sabine tarafından atılmıştır.

2.1 Gürültü İletimi ve Denetim Yöntemleri

Sessizleştirmenin konusu, gürültülerin önlenmesi ve ses geçirmezlik problemleridir. Seslerin doğuşu, iletilişi ve bir ortamdan başka bir ortama geçişi ile ilgili olaylar bu konu dahilinde incelenir. (Sirel,1974)

- İç çevredeki gürültü düzeyinin belirlenmesi

Ölçme ve hesaplama yöntemleri ile ortamın gürültü düzeyin belirlenmesi gürültü denetiminde atılması gereken ilk adımdır.

- Kabul edilebilir gürültü düzeyinin belirlenmesi

Bu düzeyin belirlenmesi için ulusal ve uluslararası standartlar belirlenmiş ve yönetmelikler doğrultusunda uyulması gereken gürültü düzeyleri tanımlanmıştır. Gürültü denetiminin amacı fon gürültü seviyesinin aşılmasını sağlamaktır. Bu durum sağlanamadığı takdirde, fizyolojik sosyal ve psikolojik açıdan birçok sorun doğmaktadır. Bu problemlerin engellenmesi sürecinde detay zorlukları nedeni ile

fazladan işgücü, para ve yer harcamak gerekebilmektedir.

- Azaltılması gereken gürültü düzeyinin belirlenmesi

Mekan içindeki mevcut ya da oluşacak gürültü düzeyi ile kabul edilebilir gürültü düzeyinin farkının alınmasıdır. Bu fark sessizleştirme yolu ile azaltılması gereken gürültü miktarı olarak tanımlanabilmektedir. Bu şekilde kabul edilen düzeye ulaşmak için denetim önlemleri belirlenmelidir.

2.1.1 Gürültünün Yapı İçinde İletilme Şekilleri

Yapı içinde oluşan insan ve yapı gürültüsü, yapının dışından gelen gürültülerden tamamen bağımsızdır. Yapıda kullanılan araç gereç ve tesisat gürültüsü, insan sesi, ya da kullanılan radyo/TV, hoparlör vb. aletlerin çıkardığı sesler, mobilyaların itilmesi, adım sesleri ya da nesnelere düşmesi sonucu oluşan gürültü çeşitli şekillerde iletilir.



2.1.1.1 Havada Doğan Gürültünün İletimi

Havada doğan seslerin iletimi, açıklıklardan geçme ve cidar titreşimi şeklinde olabilmektedir.

Açıklıklardan geçme, mekan içindeki kesintisiz ortamlar sayesinde sesin kaynaktan alıcıya ulaşması olarak tanımlanabilir. Bu ortamlar havalandırma kanalları, açık pencere ve kapılar sayesinde oluşabilir.

Cidar titreşimi ile geçme, havada yayılan ses enerjisinin karşılaştığı kütleyi titreşime zorlaması ile oluşur. Bu şekilde titreşen kütle diğer bir ortam için ses kaynağı durumuna gelmektedir.

Kitle Ağırlığı – Ses Geçirmezlik İlişkisi: Bir yapıda cam, ahşap, kagir vb. gereçlerden oluşmuş herhangi bir cidara gelen ses dalgalarıyla cidar titreşime girer. Bu titreşme ile cidarın öteki yanındaki hava da titreşir ve ses geçer. Eğer cidarın kitlesi az ise kolay titreşime girer; yani direnci az olur, dolayısıyla ses bir yandan öte yana ağır bir kitleye oranla daha az azalarak geçer. Kitle ağırlaştıkça, gelen sese karşı koyma gücü artar. Çünkü ağır bir kitleyi titreştirmek zordur ve titreşimin genliği ufak olur. Cidarın gösterdiği bu direnç onun ses geçirmezliğini belirler; ses geçirmezliğin artmasıyla yapı içine geçen ses azalır. (Şerefhanoglu, 1992)

Kitle Yasasına (Berger Kanunu) Göre Ses Geçirmezliğin Hesaplanması: Kitle ağırlığına bağlı olarak cidarların ses geçirmezliğinin hesaplanmasında ampirik formüller kullanılır. Bu formüllerin kimileri ortalama frekanslara göre belirlenen ve ortalama ses geçirmezlik değerleri veren formüller; kimileri ise, değişik frekanslara göre ses geçirmezliğin hesaplanması için kullanılan formüllerdir. (Şerefhanoglu, 1992)

Yapı kabuğunda yer alan dolu alanların kitle yasasına göre hesaplanan ortalama ses geçirmezlik değerleri	R(dB)
Taş duvar - sıvasız, 50 cm	60
Betonarme perde duvarı - sıvasız, 20 cm	51
Betonarme perde duvarı - iki yanı sıvalı, 25 cm	52
Boşluklu briket duvar - iki yanı sıvalı, 25 cm	46
Tuğla duvar - iki yanı sıvalı, 25 cm	50

Tablo 2-1: Dolu alanlarda ortalama ses geçirmezlik değerleri (Şerefhanoglu, 1992)

Kitle ağırlığına bağlı olarak aşağıda verilen formüllerle hesap yapıldığında birbirine birkaç desibel (dB) yakınlıkta sonuçlar elde edilmektedir.

$R = 19 \log m$	(1)
$R = 12 + 5.3 \sqrt[3]{m}$	(2)
$R = 15 \log 4m$	(3)
$R = 18 \sqrt[6]{m}$	(4)
$R = 15.4 \log m + 10$	(5)
$R = 20 \log m + 12 \log f - 27$	(6)
$R = 18 \log m + 12 \log f - 25$	(7)

Tablo 2-2 : Ses geçirmezlik formülleri (Şerefhanoglu, 1992)

Bu formüllerde :

R = Ses geçirmezlik değeri

(dB) m = Kitle ağırlığı (kg/m²)

f = Frekans (Hz) (Şerefhanoglu, 1992)

2.1.1.2 Katılarda Doğan Gürültünün İletimi

Katılarda doğan gürültü, duvar, döşeme, taşıyıcı iskelet, ısıtma, havalandırma, temiz ve pis su tesisatları gibi katı cisimlerden oluşarak, bu cisimler içinde yayılan seslerdir. Katıda doğan seslere örnek olarak, “Gürültünün oluşma yerine göre sınıflandırılması” başlığı altında ele alınan “yapının içinde oluşan gürültüler” gösterilebilir.² (Bknz, s: 24)

Katılarda doğan gürültü, sürekli bir titreşimin ya da sert bir cismin aralıklı olarak çarpması ile oluşur. Mekanik enerji, yapı öğelerini etkileyerek ses kaynağına bitişik olan ya da olmayan mekanlara yayılır. Sesin katıda yayılma hızı, havada yayılma hızından on kat fazladır. Bu nedenle yapının büyük bir bölümü etki altında kalır.

Katılarda doğan gürültü aynı zamanda havaya da geçerek iletilebilir. Bu şekilde titreşim yüzeyi büyüyerek ve çevredeki havayı da titreştirerek, yüzeyin büyümesine ve kaynağın gücünün artmasına neden olmaktadır.

2.1.2 Yapı İçinde Gürültü Kontrolü ve Önlemler

Her türlü istenmeyen seslere karşı denetim yapılırken izlenmesi gereken aşamalar aşağıda belirtilmiştir. Denetim dahilinde, yapı içindeki gerekli konfor koşullarının sağlanması ve gürültü iletiminin azaltılmasının yanı sıra yapı dışından gelen seslere karşı ses geçirmezlik, gürültü kaynakları ve yansımış seslerin analizi gereklidir.

Yapı içinde oluşan gürültünün denetiminde; yapıda kullanılan araç gereç ve benzeri makineler, katlar arası döşemeler ve yapı kabuğu, bitişik mekanlar arasındaki

² Döşemelerde yürüyüş ile oluşan adım sesleri, çeşitli kaynaklardan gelen darbe sesleri, kapı çarpmaları, ev ve büro makinelerinden kaynaklanan sesler, özellikle basınçlı su borularında doğan tesisat sesleri, yapıların gövdesiyle katı bağlantısı olan her türlü motordan doğan sesler. (Sirel, 1974)

duvarlar ve asma tavanlar önem kazanmaktadır.

2.1.2.1 Kaynakta Denetim

Gürültünün oluşmasına neden olan kaynak çevresinde alınacak denetim şekillerini kapsamaktadır. Gürültü kaynağının konumu ve çevresinde yer alan malzemelerin ses yansıtma özellikleri gürültünün yayılmasında etken olmaktadır. Kaynakta denetim maliyet ve kolay uygulanabilirlik açısından pratik bir yöntemdir. Gereksiz gürültü kaynaklarının kaldırılması ve ses kaynağın yerinin doğru seçilmesi ile istenen düzenleme sağlanabilir.

Kulak, alçak frekanslara daha az duyarlıdır. Yüksek frekanslar havada daha çok yutulur. Gürültü kaynağı uzakta ise alçak frekanslar, yakında ise yüksek frekanslar etkilidir. Bundan ötürü, denetimin yeri gürültü kaynağının uzaklığı ve sesin geçeceği yolun özellikleri dikkate alınarak seçilmeli ve gürültünün, alçak ya da yüksek frekanslara kaydırılması -olanaklı ise- yapılmalıdır.

Gürültü kaynağı yansıtıcı yüzeylerden uzağa konmalı ya da büyük yüzeylere bağlantı sağlanmamalıdır. Kaynağın herhangi bir yere tespit edilmesi gereken durumlarda delikli levhalar ya da tel kafesler kullanılmalıdır. Yansıtmayı önlemesi amacıyla döşemeden yükseltilmiş ve tavana asılmış kaynakların konumu daha doğrudur. Gürültü kaynağına susturucu takılması gibi özel çözümler de kullanılabilir.

2.1.2.2 Yayılımda Denetim

Bu tür denetimde gürültü, kaynağında hapsedilerek yayılması önlenir. Kaynak dışına yayılan gürültünün en dar sınırlar içinde durdurulması amaç olarak kabul edilmiştir.

Gürültünün yayılımındaki denetim iki ana başlık altında toplanabilir.

- Yapının dışından gelen gürültünün denetimi: Havada yayılarak yapı yüzeyine gelen dış çevre gürültüleri; gürültü kaynağının uzaklığı, havanın moleküler yutuculuğu, atmosfer koşulları, kaynağın bulunduğu yerin topografik durumu gibi faktörler doğrultusunda düzeylerinde değişimler gösterirler.
- Yapının başka bölümlerinden gelen gürültülerin denetimi: Yapı içindeki

gürültü yayılımı, havada ve katılarda olmak üzere iki şekilde incelenir. Buna göre havada yayılımda iç mekandaki yapı elemanlarının yüzeylerinde; katılarda olan yayılım için de iç mekan öğelerinin kendilerinde ve bağlantılarında önlem alınmalıdır.

2.1.2.2.1 Havada Yayılan Sesler İçin Alınacak Önlemler

Kaynak, iç tarafı ses yutucu gereçlerle kaplanmış katı, ağır duvarlar içine hapsedilmelidir. İç mekana ses yutulmasını sağlayacak gözenekli malzemeler ve titreşime izin verecek esnek tespit edilmiş levhalar yerleştirilmelidir. Tesisat gürültülerin yayılmasını önlemek amacıyla shaft veya tavan boşlukları gibi alanlarda sesin emilmesini sağlayacak ürünler kullanılmalıdır.

2.1.2.2.2 Katılarda Yayılan Sesler İçin Alınacak Önlemler

Yapı içindeki titreşim, taşıyıcı sisteme bitişik olmayan mekanlara gürültünün iletilmesini sağlayabilmektedir. Bu nedenle sesin taşıyıcı sisteme geçmesinin ve burada yayılmasının önlenmesi gerekmektedir.

Kaynağın oluşturduğu titreşimin önlenmesi amacıyla bağlantıların kesilmesi ve derzler oluşturularak iletimin en aza indirilmesi sağlanabilir. Plastik, mantar, kurşun gibi malzemeler ile bağlantılarda geçiş önlenabilir. Yapı elemanlarındaki malzeme farklılıkları, gürültünün yayılmasında ortam farkı sağlamak suretiyle azaltılabilir.

2.1.2.3 Gürültünün Geçişinde Denetim

Yapının ya da hacmin dışından gelen gürültünün geçişinin engellenmesi ancak yapı kabuğunun ses geçirmezliği ile bağlantılıdır. Sesin açıklıklardan ve cidar titreşimi ile geçmesi olarak iki ana başlık altında incelenir. Geçmede denetim ile gürültünün önlenmesi için kabul edilebilen düzeyin belirlenmesi ve buna göre azaltma yapılacak düzeyin saptanması gereklidir. Buna bağlı olarak sessizleştirme gerçekleştirilir.

2.1.2.3.1 Açıklıklardan Geçmede Alınacak Önlemler

Gürültünün yapı içindeki mekanlardan geçişini önlemek amacı ile mekan birleşim noktalarındaki geçişe izin verecek boşluk ve aralıkların ortadan kaldırılması

gerekmektedir. Bu durumda mekanların asma tavanları üzerindeki boşluklarda kesintiler yapılmalı ve duvar ya da asma tavan içinden geçen tesisat borularının etrafındaki açıklıklar, kapı, pencere ve eşiklerdeki boşluklar kapatılmalıdır.

2.1.2.3.2 Cidar Titreşimi İle Geçmede Alınacak Önlemler

Öğelerin kütlelerinin artırılması ile ses geçişinin azaltılması sağlanabilir. (Berger Kanunu) Ağırlığın artırılamayacağı durumlarda çift cidar yapılabilir. Cidarlar arasında ses köprüleri oluşturacak durumlar engellenmelidir.

Günümüzde yapılarının ağırlığının artırılmasının istenmediği durumlar söz konusu olabilmektedir. Bu durumda ses geçirmezliği sağlayacak çift cidar yapılması olumlu sonuç verir. Çift cidar uygulamalarında rezonans ve frekans rastlaşması³ gibi kimi frekanslarda ses geçirmezlik değerlerini düşüren olaylara dikkat edilmesi gerekmektedir.

2.1.2.4 Alıcıda Denetim

Kaynakta ya da yayılımda denetim uygulanamadığı durumlarda alıcıda denetim sağlanmalıdır. Alıcı gürültüden yalıtılmış bölümlerde ya da kulağın gürültü ile olan ilişkisini minimum düzeyde tutacak (kulak tıkacı gibi) koruyucu düzenlemelerle denetim sağlanabilir.

2.1.3 Gürültü Düzeyleri ve Rahatsızlık Skalaları

Mekanın işlevini ve ortam içindeki akustik konfor koşullarını bozmamak kaydıyla, bir eylem yapılırken gerçekleşen gürültü düzeyi, kabul edilebilir gürültü düzeyi olarak tanımlanır.

Belli bir gürültü düzeyinin kabul edilebilirliğini belirlemede günün zaman dilimi, yapının bulunduğu alan, yapının kullanım amacı, yapının ses geçirmezlik özelliği gibi birçok faktör göz önünde bulundurulur.

³ Frekans rastlaşması: Bir cidarda eğik gelen seslerle o cidarın öz dalgalanma frekansı arasında bir uyma olması sonucu (frekans rastlaşması) cidarın ses geçirmezliği azalır. (Şerefhanoglu,1992)

Günümüzde özellikle zamansal karakteristik göz önüne alınarak standartlar oluşturulmaktadır. Belirlemede yöntemlerin çoğu iki bileşenden oluşmaktadır.

- Gürültülülük skalası olarak adlandırılan ve gürültünün rahatsızlık verici etkileri için uygun düzeltmeleri olan, ölçülen gürültü düzeyi,
- Dış ve sosyal etkenlere bağlı düzeltmeleri olan kriter düzeyleri.

2.1.3.1 Gürültü Düzey Ölçütleri

Kabul edilebilir gürültü düzeyleri olarak adlandırılan ve toplum içinde gürültüde sınırlamalar getirilen değerler, frekansa ya da Leq gibi toplam düzeye bağlı olabilmektedir.

2.1.3.1.1 Frekansa Bağlı Düzey Ölçütleri (*Frequency Analysis Mode*)

Bir mekanda gürültü denetimine olan ihtiyaç, gürültü düzeylerinin ölçülmesine bağlı olarak belirlenebilir. Gürültü düzeylerinin belirlenmesi amacı ile kullanılabilecek frekanslara göre belirlenmiş çeşitli ölçütler oluşturulmuştur. Bunlar, şu şekilde sıralanabilir:

- NC Eğrileri
- PNC Eğrileri
- NR Eğrileri
- NCB Eğrileri

NC Eğrileri : NC eğrileri (*Noise Criteria*), fon gürültüsünü çok sessizden çok gürültülüye olacak şekilde 5 bölümde sıralamaktadır. NC değerleri dB olarak alınmaktadır.

	Yatma	Yaşama
Kırsal	20	25
Kent Dışı	25	30
Kent İçi	30	35
Ağır Trafik Bölgesi	35	40
Ağır Sanayi Bölgesi	40	45

Tablo 2-3 : Konutlar için optimum fon gürültüsü “NC” (dB), (Topalgökçeli, 1995)

Hacimler	NC (dB)
Konser Salonu	15-20
Radyo Kayıt Salonu	15-20
Opera	20
Mahkeme Salonu	20-25
Televizyon Stüdyosu	20-25
Bürolar	20-30
Derslikler	25
Film Stüdyosu	25
Konferans Salonu	25-30
Tapınaklar	25-30
Toplantı Salonu, Okul Oditoryumu	25-35
Otel Motel	25-35
Sinema Salonu	30
Hastane	30
Bürolar(özel)	30-35
Okuma Salonu	30-35
Bürolar (İş Merkezi)	35-45
Lokantalar	35-50
Çizim Atölyeleri	40-45
Spor Salonu	45-50

Tablo 2-4 : Değişik hacimler için “NC” değerleri, (Topalgökçeli, 1995)

PNC Eğrileri: (*Preferred Noise Criterion*) Bu eğrilerde ses basınç düzeyleri, hem alçak hem de yüksek frekanslarda NC değerlerinden daha düşüktür. 1000 frekanstaki PNC değeri 55 dB’e eşit olarak alınmaktadır. Bu eğriler Beranek tarafından ortaya konulmuştur.

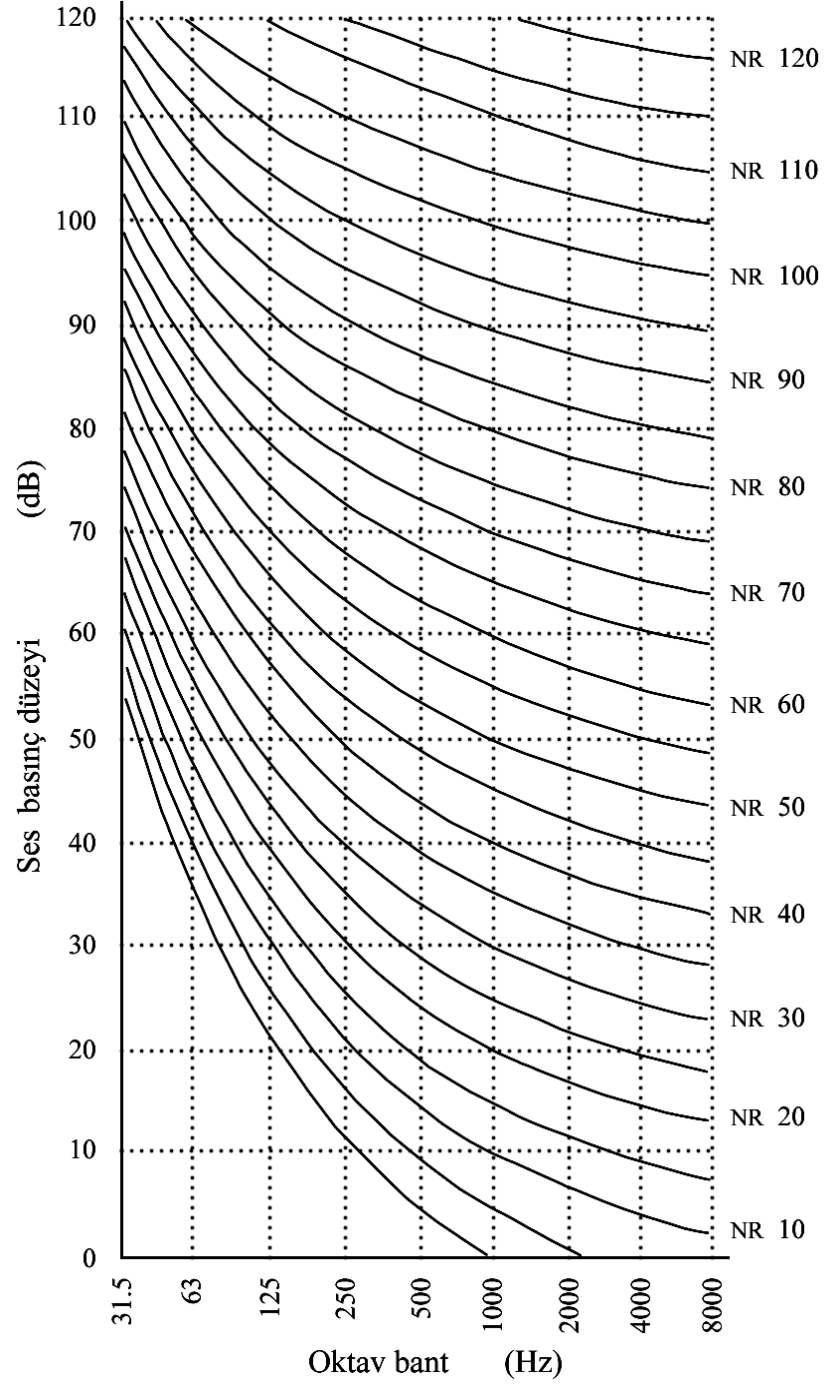
NR Eğrileri: (*Noise Rating*) Fon gürültü düzeyi ve rahatsızlık eğrileri olarak tanımlanır. ISO tarafından oluşturulmuştur. NR değerleri ve ses basınç düzeyi değerleri birbirine eşittir. Gürültü denetiminde NR değerlerinin kullanılması durumunda, değişik etkenler hesaba katılarak oluşturulmuş düzeltme değerlerinden yararlanmak daha sağlıklı olabilmektedir.

$$G_d = G + (\pm NR D) \text{ (dB)}$$

G_d = Düzeltmiş gürültü düzeyi, dB

G = Gürültü düzeyi, dB, mevcut

NR_d = NR değerleri ile ilgili düzeltmeler, dB



Şekil 2-1: Çeşitli frekanslardaki NR değerleri, (Topalgökçeli, 1995)

Hacimler	NC (dB)	
İşyerleri		
Radyo, Film, TV stüdyoları	20	
Tiyatro, sinema, konser, konferans, okuma salonları, derslikler, küçük bürolar, tapınaklar	30	
Büyük bürolar, toplantı salonları, mağazalar, sessiz lokantalar	35	
Dikkatin dağılmaması gereken çalışma alanları	40	
Büyük bürolar, toplantı salonları, mağazalar, sessiz lokantalar	45	
Atölyeler	65	
Gürültü üretim yerleri	75	
Büro çalışmaları ve benzeri çalışmalar için sınır	60	
Konut, Hastane, Otel	Gündüz	Gece
Oturma bölgesi, kırsal bölge	25	15
Kent içi	35	25
Sanayi bölgesi	40	30

Tablo 2-5 : Değişik hacimler için “NR” değerleri, (Topalgökçeli, 1995)

A.Fon Gürültüsü Dış Çevre	Gündüz	Gece
1-Sessiz, kent dışı bölge	+5	+10
2-Kent dışı bölge	0	+5
3-Kent oturma bölgesi	-5	0
4-Sanayiye yakın kent bölgesi	-10	-5
5-Sanayi ve ağır sanayi bölgesi	-15	-10
B.Tayfsal Yapı		
1-Bazı baskın frekanslar	+5	
2-Geniş bir frekans alanına yayılmış gürültü	0	
3-Bir anlık gürültü	+5	
4-Artan gürültü	0	
C.Yineleme Sıklığı		
1-Sürekli, saatte 60 kezden çok	0	
2-Sürekli, saatte 10-60 kez	-5	
3-Sürekli, saatte 1-10 kez	-10	
4-Sürekli, günde 4-20 kez	-15	
5-Sürekli, günde 1-40 kez	-20	
6-Sürekli günde 1 kezden az	-25	
D.Alişkanlıklar		
1-Önceden hiç alışkanlığı olmamak	0	
2-Önceden büyük alışkanlık	-5	
3-Son derece büyük alışkanlık	-10	
E.Zaman		
1-Yalnız gündüz olan gürültü	-5	
2-Yalnız gece olan gürültü	0	

Tablo 2-6 : “NR” değerleri için düzeltmeler (dB), (Topalgökçeli, 1995)

NCB Eğrileri : (*Balanced Noise Criterion*) Sürekli tayfı olan ve yalnızca en fazla bir iki yalın ses bileşeni olan sesler için önerilir.

Hacim	NCB
Çok iyi dinleme durumları için	
Büyük oditoryumlar, tiyatrolar vb.	<20
Kayıt stüdyoları	<25
Küçük oditoryumlar, konferans salonları vb.	<30
Uyuma, dinlenme için	
Yatak odaları, oteller, moteller vb.	25-40
İyi dinleme durumları için	
Sınıflar, ofisler vb.	30-40
Konuşma ya da radyo dinleme durumları için	
Oturma odaları vb.	30-40
Orta iyilikte dinleme durumları için	
Büyük ofisler, kafeteryalar vb.	35-45
Uygun dinleme durumları için	
Lobiler, laboratuvarlar vb.	40-50
Orta uygunlukta dinleme durumları için	
Yiyecek mağazaları, mutfaklar vb.	45-55

Tablo 2-7 : Değişik hacimler için “NCB” değerleri, (Topalgökçeli, 1995)

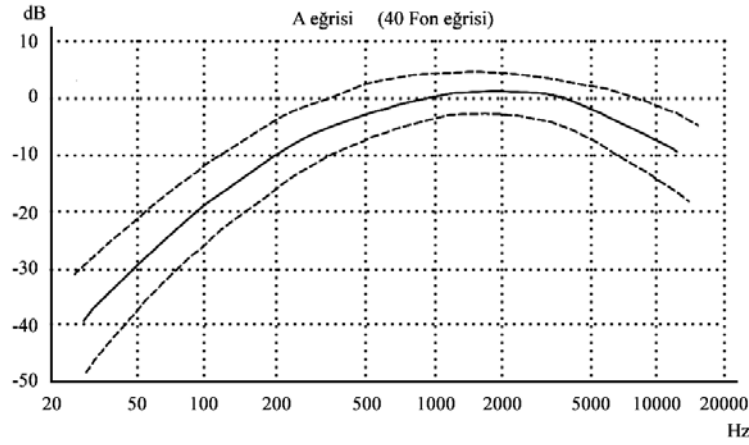
2.1.3.1.2 Toplam Düzeye Bağlı Gürültü Ölçütleri (*Environmental Mode*)

Gürültü düzeyi ölçümleri oldukça karmaşıktır. Nitelikli ölçü aletleri gerektirir. Gürültü denetimi ile ilgili yapılacak etütlerde kullanmak için, gürültü düzeylerini belirlemede yaklaşık hesap yöntemleri ile ortalama değerler bulunabilmektedir. Bu düzeylerin belirlenmesine kaynak ve kaynak niteliği önem kazanmaktadır. Gürültü düzeylerinin belirlenmesi; ölçüm, gözlem ve hesaplama yöntemleri ile belirlenir.

Gürültü düzeylerinin belirlenmesi için ağırlıklı ölçme ve tayfsal ölçme olarak iki sınıf belirlenebilir.

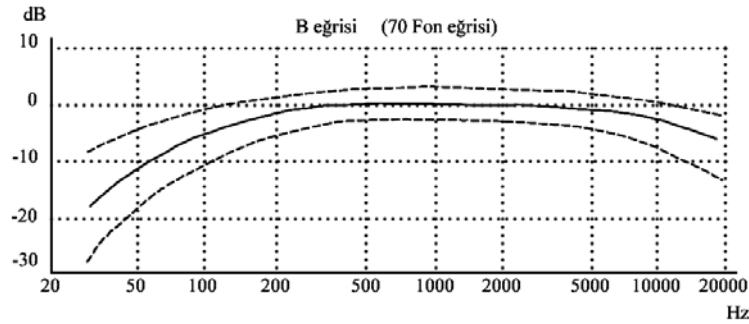
Ağırlıklı ölçümler: Gürültü ölçümü ses düzeyi ölçer ile yapılır. Durağan ses düzeylerinin ölçülmesinde yeterli olan bütün özelliklere sahip, küçük, taşınabilir aygıtlarla ölçülür. Tüm bu ağırlıklı ölçümler içinde A ağırlıklı ölçüm sonuçlarının, öznel değerlendirmeler ile B ve C'den daha doğru sonuç verdiği saptanmıştır.

- A ağırlıklı ölçüm – 40 fon eğrisine karşılık gelir ve 55 fondan daha düşük sesler için kullanılır.



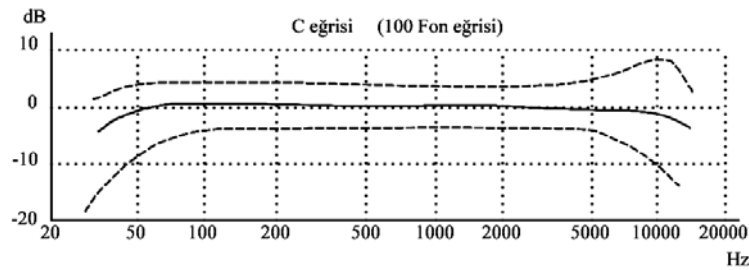
Şekil 2-2 : A ağırlıklı ölçüm, (Topalgökçeli, 1995)

- B ağırlıklı ölçüm – 70 eğrisine karşılık gelir ve 55 ile 85 fon arasındaki yeğinlikler için kullanılır.



Şekil 2-3 : B ağırlıklı ölçüm, (Topalgökçeli, 1995)

- C ağırlıklı ölçüm -100 fon eğrisine denk gelir ve 85 fondan daha yeğin sesler için kullanılır.



Şekil 2-4 : C ağırlıklı ölçüm, (Topalgökçeli, 1995)

Leq - Eşdeğer Sürekli Ses Düzeyi : Gürültü düzeyinin A ağırlıklı enerjisinin, ölçüm süresine oranlanması ile bulunur. Eşdeğer sürekli ses düzeyi; belirlenen bir sürede, zaman içinde düzeyi değişen bir sesle, aynı A ağırlıklı ses enerjisine durağan sesin düzeyi olarak tanımlanır. (Karabiber, 1992)

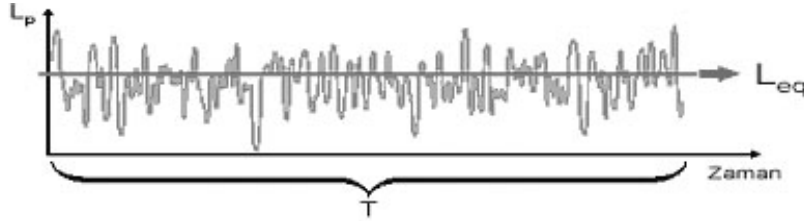
$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_0^T p_a(t)^2 dt \right) / p_0^2$$

L_{eq} = Eşdeğer sürekli ses düzeyi, dB

$p_a^{(t)}$ = Referans akustik basınç, Pa

p_0 = Referans akustik basınç, (20 μ Pa)

T = Toplam ölçme süresi



Şekil 2-5: Eşdeğer sürekli ses düzeyi ölçümü, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)

L DN – Gündüz-Gece Ortalama Ses Düzeyi (Day-night average sound level) : Gece 22.00'den sabah 7.00'ye kadar sürede oluşan gürültülerin 10 dB arttırılmış L_{eq} değerleridir. Gece oluşan gürültülerin daha çok rahatsızlığa yol açtığı düşünülerek düzenlenmiştir.

L NP – Gürültü Kirliliği Düzeyi (Noise pollution level) : Gürültü kirlilik düzeyi olarak adlandırılan bu skala iki ayrı eşdeğer ses seviyesinin ölçümü ile ortaya çıkan düzey değişimlerini ifade eder. Bu şekilde değişimlerdeki rahatsızlıklar belirlenebilir.

$$L_{NP} = L_{eq} + K \sigma$$

L_{NP} = Gürültü kirliliği düzeyi, dB

L_{eq} = Ölçme süresi boyunca A ağırlıklı eşdeğer sürekli ses düzeyi, dB.

σ = Aynı süredeki anlık düzeyden standart sapma.

K = 2,56 (Sabit değer)

TNI – Trafik Gürültüsü Birimi (Traffic Noise Index) : Temel ölçme birimi, 24 saatlik periyotlarda ölçülen dış gürültünün, A ağırlıklı ses düzeyidir.

$$TNI = 4 (L10 - L90) - L90 - 30$$

TNI = Trafik gürültüsü birimi, dBA

PNL - Algılanan Gürültü Düzeyi (*Perceived Noise Level*) : Uçak gürültüleri için belirlenmiş bir skaladır. Hava taşımacılığı için oluşturulan bu skala farklı alanlarda da kullanılmaktadır.

NNI – Gürültü ve Sayısı Birimi (*Noise and Number Index*) : Özel olarak, hava taşımacılığı gürültüleri için, İngiltere’de “*Wilson Committee Report on Noise*” tarafından oluşturulmuş bir birimdir.

NNI, hem PN dB olarak ölçülen, süre ve yalın sesler açısından düzeltilmemiş, ortalama zirve gürültü düzeyini, hem de ölçme süresince tekrarlanan olay sayısını dikkate alır. (Karabiber, 1992)

$$NNI = L_{apn} + 10 \log_{10} N - 80$$

NNI = Gürültü ve sayısı birimi, PN dB⁴

2.1.3.2 Rahatsızlık Skalaları

Gürültü kavramının rahatsızlık etkisinin toplum tarafından ilk kez ortaya konmaya başladığı dönemlerde; bu kavramın, ortamın durağan ses düzeyi ile ilgisi bulunmaktaydı. Sadece kriter düzeylerin aşılmış aşılmadığı dikkate değer bulunuyordu. Günümüzde rahatsızlığa yol açan düzey değişimleri; zamanlama, yer, oluşum nedeni gibi birçok parametreye bağlı bulunmaktadır. Bu parametreler doğrultusunda ülkeden ülkeye değişen kurallar ve yönetmelikler tespit edilmiş ve toplum yaşamında dikkate alınmaları zorunlu hale gelmiştir.

Kentleşme, teknolojinin gelişimi ve nüfus artışıyla beraber, gürültünün insan sağlığına verdiği zararın da arttığı saptanmıştır. Bütün bu etkiler altında, alınan önlemler yeterli düzeyde olmamakta ve sürekli olarak gürültüye maruz kalınması gibi bir sonuç ortaya çıkmaktadır.

4 İngiltere’deki havaalanlarının tasarımında kullanılmış olup, Londra Heathrow Havaalanı’nın etkisinde kalan bölgelerdeki gürültü denetimi için gerekli olan şemanın çıkarılmasında kullanılmıştır.

Gürültüye maruz kalınan en yüksek düzey LA max (dB)	Gürültüye Maruz Kalınan Süre (saat/gün)	Tepe değer (en yüksek)
85	8	140 dBC
90	4	
95	2	
100	1	
105	1/2	
110	1/4	
115	1/8	

Tablo 2-8 : Kişilerin Etkilenme Düzeyi Sınır Değerleri, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)

Gürültü, insanda biyolojik, psikolojik ve sosyolojik açıdan ciddi rahatsızlıklar oluşturmaktadır. Gürültünün en fazla bilinen etkileri; işitme eşiğinin sürekli olarak yükselmesi, akustik travma ve kulakta oluşan çınlama olarak görülmüştür. Sürekli etki altında kalan insanlarda uykusuzluk gibi önemli sorunlar baş göstermiş ve uykusuzluğun sonucunda çeşitli fizyolojik hasarların olduğu anlaşılmıştır. Bu etkilerin başta gelenleri; sinir sisteminin, hormonların etkilenmesi ve psikolojik sorunlardır.⁵ Bu psikolojik sorunların doğurduğu fiziksel etkiler, kişilerin toplum içinde yaşamasında engeller çıkarmakta; sosyal uyumsuzluk, soğukluk, yalnızlık, saldırganlık gibi sosyolojik açıdan olumsuz sonuçlar vermesine neden olmaktadır.

Yapı Tipleri	Gürültüye Duyarlı Faaliyet Alanı	Gürültü Kaynağı Olan Faaliyet Alanı
Okullar	Sınıflar, okuma odaları, konferans salonları, idare hacimleri, revir ve bakım odaları, laboratuvarları, Ana okullarında uyuma hacimleri.	Avlular ve oyun yerleri, spor salonları, atölyeler, müzik stüdyoları, mutfak ve tesisat hacimleri, otoparklar ve garajlar.
Hastaneler	Hasta yatak odaları, bekleme hacimleri, ameliyathane, özel bakım yerleri, dinlenme alanları, koridorlar ve idare odaları.	Tesisat merkezleri, asansörler, mutfak ve servis alanları, otoparklar ve garajlar.
İdare Yapıları	Özel çalışma hacimleri	Gürültülü çalışma alanları, bilgisayar merkezleri, tesisat merkezleri, sirkülasyon alanları, kafeterya, mutfak ve diğer servis alanları, garaj ve otoparklar.

Tablo 2-9: Yapılarda Gürültü Kaynağı Olan Faaliyet Alanı ve Etkilenen İç Alanlar, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)

⁵ Bu rahatsızlıklar; dalgınlık, unutkanlık gibi hafıza sorunları, konsantrasyon bozukluğu, öğrenme güçlüğü ve çalışmaya karşı isteksizlik, duygusal stres, sinirlilik, gerginlik, hoşnutsuzluk, dayanıksızlık gibi sorunlarla başa çıkamama sonucu oluşan depresyon, nevroz, psikoz, histeri ve manik depresyon gibi psikolojik sorunlara neden olmaktadır. Bu psikolojik etkiler, kişinin vücudunu da fiziksel olarak etkileyebilmektedir. Gürültü nedeniyle psikoendokrin, kardiyovasküler, immunolojik, gastrointestinal rahatsızlıklar, solunum, üreme, görme, denge bozuklukları, irkilme, mide bulantısı, iştah kaybı, migren, astım atakları, kaşıntı gibi birçok psikofizyolojik bozukluk görülebilmektedir.

İnsan sağlında bu şekilde birçok soruna neden olan gürültünün tehlike yaratan düzeyleri birçok ölçümle belirlenmiştir. Bunların sınırlandırılması çeşitli standartlarla sağlanmıştır. Standartlara ait iki örnek, tablo 2-9’da ve 2-10’da verilmiştir. Bu standartların getirdiği zorunlulukların uygulanması çeşitli zorluklar ve uygulamada yaşanan birçok sorun nedeniyle gerektiği şekilde yapılamamaktadır. Bu yaptırımın sağlanması için yönetsel kararların uygulanması gereklidir.

Kullanım Alanı		L (dBA)	Zaman Dilimi (h)	Lamax
Kültürel Tesis Alanları	Tiyatro salonları	25	Sürekli	
	Sinema salonları	-	Sürekli	
	Konser salonları	100	Sürekli	
	Konferans salonları	30	Sürekli	
Sağlık Tesis Alanları	Yataklı tedavi kurumları, dispanser, poliklinik, bakım ve huzur evleri vb.	35	Sürekli	
	Dinlenme ve tedavi odaları	Olabildiğince düşük seviye (25-30)	Sürekli	-
Eğitim Tesisleri Alanları	Okullarda derslikler, okul öncesi binaların içi, laboratuvarlar, özel eğitim tesisleri, özürlü tesisleri vb.	35	Ders sırasında	-
	Spor salonu, yemekhane	55		-
	Okul öncesi yatak odaları	30	Uyku sırasında	45
Kentsel Yeşil Alanlar	Çocuk bahçesi, lunapark, fuar, animasyon ve eğlence merkezi vb.	-	Oyun süresince	
	Dinlenme alanı		Sürekli	
Ticari Yapılar	Büyük ofis	35	Çalışma sırasında	
	Toplantı salonları	35	Çalışma sırasında	
	Büyük daktilo veya bilgisayar odaları	60	Çalışma sırasında	
	Oyun odaları	60	Oyun süresince	
	Özel büro (uygulamalı)	50	Çalışma sırasında	
	Genel büro (hesap, yazı bölmeleri)	60	Çalışma sırasında	
	İş merkezleri, dükkanlar vb.	60	Çalışma sırasında	
Lokantalar (kapasiteye bağlı olarak)	35-45	Çalışma sırasında		
Kamu kurum Kuruluşları	Ofisler		Çalışma sırasında	
	Laboratuvarlar		Çalışma sırasında	
	Toplantı salonları		Çalışma sırasında	
	Bilgisayar odaları		Çalışma sırasında	
Spor alanları	Spor salonları ve yüzme havuzları	45	Faaliyet süresince	
Atölyeler	(İşe bağlı olarak)	45-75	Faaliyet süresince	
Konut Alanları	Yatak odaları (şehir içinde)	35	Uyku süresince	
	Yatak odaları (şehir dışında)	-		
	Oturma odaları (şehir içinde)	55	Sürekli	
	Oturma odaları (şehir dışı)	40	Sürekli	
	Servis bölümleri (mutfak) (şehir içi, dışı ve şehir kenarı)	60	Sürekli	

Tablo 2-10: İç Mekan Gürültü Sınır Değerleri, (Çevre Gürültü Yönetmeliği, 2005)

2.2 İç Mekan Hacim Akustiği Değerlendirme Kriterleri ve Gereksinimler

Hacim akustiğinde aranan özellikler ve gereksinimler; bu özelliklerin değerlendirilmesinde etkili olan faktörler, değerlendirmeler sonucunda belirlenen kusurlar ve giderilmesi yöntemleri bu başlık altında incelenecektir.

2.2.1 Hacim Akustiğinde Aranan Özellikler ve Gereksinimler

Hacim akustiği açısından reverberasyon karakteristiği ve süresi, ilk yansımaların niteliği, toplam ses düzeyi, varlık kriteri ve yanıt eğrisi önemlidir.

2.2.1.1 Reverberasyon Karakteristiği ve Süresi

Birimi saniye olan reverberasyon süresi, herhangi bir ses düzeyinin 60 dB'e düşmesi; yani ses erkesinin milyonda bire düşmesi için gerekli olan süredir.

Bir hacimdeki reverberasyon süresinin bulunması; hacim içindeki yüzeylerin yutuculuğuna, orayı kullanan kişi sayısına ve hacmin büyüklüğüne bağlıdır. Hacim içindeki reverberasyon süresinin uzun olması, ses kalitesini etkiler. Reverberasyon süresinin uzun olması her tipteki işleve hitap etmeyebilir. Konuşma amaçlı hacimlerde, bu durum konuşmanın anlaşılabilirliğini azaltmaktadır.

Reverberasyon süresinin hesaplanması için birçok formül oluşturulmuş olup; bunlar ortamın emiciliğine göre kullanılmaktadır. Buna göre, havanın yutma çarpanı, sıcaklığa, bağıl neme ve frekansa göre değişir.

Salonun vasati yutuculuk katsayısının 0.15'in altında olduğu durumlarda Sabine formülünün kullanılması uygundur. Katsayının 0.15'in üstünde olması durumunda Eyring formülü tercih edilmelidir.

Sabine Formülü	Millington Formülü	Eyring Formülü
$T60 = 0,16 V/A$	$T60 = 0.161V/-2 A \log (1-M)$	$T60 = 0.161V/ A \log (1-M)$

Tablo 2-11: Reverberasyon süresi hesaplanması formülleri

T60: Reverberasyon süresi (sn)

V: Salon büyüklüğü (m³)

A: Toplam yutuculuk (Sabine)

Toplam yutuculuk, üç ayrı yutuculuk toplamıdır.

A: Ah + Ab + Ay

A: Toplam yutuculuk

Ab: Hacimdeki birimsel nesnelerin yutuculuğu (İnsan, koltuk vb.)

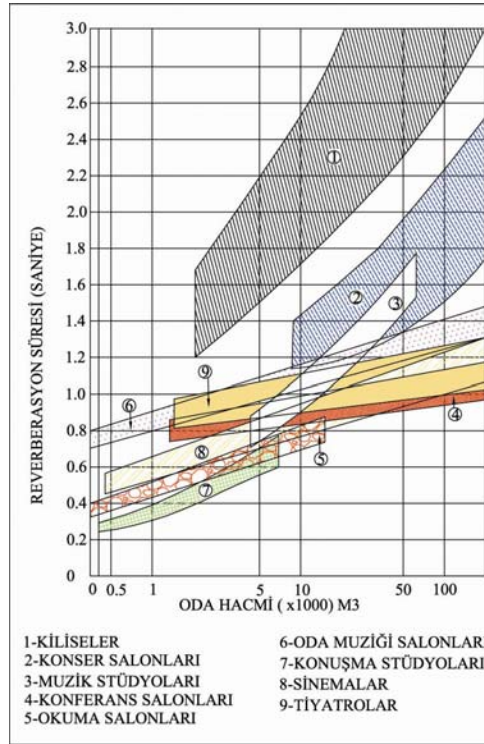
Ah: Havanın toplam yutuculuğu

Ah: 4mV

Ah: Havanın toplam yutuculuğu

V: Salon büyüklüğü

M: Havanın yutma çarpanı



Şekil 2-6: Reverberasyon süresinin hacimlere göre değişimi (Lord, Templeton, 1986)

Mekan içinde bulunan yüzeylerin yutuculuğu, çeşitli frekanslarda farklılık gösterir. Bu bakımdan geniş frekans değişimlerinin söz konusu olduğu müzik ya da konuşma amaçlı mekanlarda, reverberasyon sürelerinin ayrı ayrı bulunması gerekir. Değişik frekanslarda aynı reverberasyon süresinin elde edilmesi amacıyla, mekan içinde farklı ses yutma katsayısına sahip yansıtıcı yüzeyler kullanılabilir.

Şekil ve yutuculuğun iyi dağılmamış olduğu mekanlarda, reverberasyon süresinin hesaplanarak bulunması pek mümkün değildir. Bir boyu diğerine göre farklı olan koridor ya da kaplamalarının yutuculuk değerleri arasında çok büyük farklar bulunan bu tip mekanlarda reverberasyon süresi ölçülerek bulunabilir.

2.2.1.2 İlk Yansımalar

Hacim içindeki ses, kaynaktan çıktıktan sonra dinleyiciye iki şekilde ulaşabilmektedir. Bunlardan ilk, dolaysız olarak, ikincisi ise hacmin yüzeylerinden yansıyarak gelen seslerdir.

İlk yansımalar, sesin kaynaktan çıkarak tek bir yansıma ile dinleyiciye ulaşması sonucu oluşmaktadır. Kaynaktan geliyormuş gibi algılandığı için dolaysız sesi güçlendirir. Bu anlamda olumlu sayılır.

İlk yansımaların iki türlü etkisinden söz edilebilir:

- Yararlı etki: Dolaysız sesin yeğinliği artmış gibi hissedilebilir.
- Zararlı etki: İki ayrı sesin duyulması durumunda açık yankı oluşabilir.

Dolaysız ses ve ilk yansıyan sesler arasında süre ve düzey farklılıkları söz konusudur. Düzey farkları yola ve hacmin yutuculuğuna bağlıdır. Süre ise mesafeye bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu sesler arasındaki fark ilk ulaşım gecikmesi olarak tanımlanır.

2.2.1.3 Toplam Yeğnlik (Ses Düzeyi)

Dolaysız sesin ve yansımış sesin toplamını oluşturduğu bütüne toplam ses yeğnliği adı verilir.

It: Id + Iy

It: Toplam yeğlilik (dB)

Id: Dolaysız sesin yeğliliği (dB)

Iy: Yansımış sesin yeğliliği (dB)

Dolaysız ses alanı, kaynaktan çıkararak yansımaya uğramamış ses alanı olarak tanımlanmaktadır. Dolaysız ses alanının yeğliliği kaynağa olan uzaklığı ve kaynak gücüne bağlı olarak değişmektedir

Ses yeğliliğinin, birim alandaki enerji akımı hızının ortalaması olduğuna, daha önce değinilmişti. Ayrıca, ses yeğliliği genellikle, içinde ses enerjisi akımı olan, belirlenmiş bir alana dik doğrultuda ölçülür. (Karabiber, 1991)

2.2.1.4 Varlık Kriteri

İşitme algılama, insanın işitme yolu ile çevresi hakkında bilgi edinmesidir. İşitme esnasında seslerin nicelik ve niteliklerinin yanı sıra ses kaynağının özellikleri ve konumunun belirlenmesi de önem kazanır. İnsan sesin nerden geldiğini anlayamazsa, bundan büyük rahatsızlık duyar. Bu nedenden ötürü, kapalı mekanlarda kaynağın yeriyle ilgili bilgiler varlık kriteri adı altında toplanır.

Varlık kriteri oluşması için dolaysız ses ile yansımış ses arasında belirli bir ilişkinin bulunması gerekmektedir. Reverberasyon süresi, hacmin biçimi ve kaynağın bulunduğu alanın özellikleri de bu alanı etkileyen faktörler içinde yer almaktadır. Bu kriteri etkilen en önemli faktör ise ilk yansımaların varlığı ve durumudur.

Kaynak gücüne ve reverberasyon süresine bağlı olarak, varlık kriterince sağlanan alanın küresel yarıçapı aşağıdaki formülle belirlenmektedir.

$$D_m = \sqrt{15 V / 3.14 T_{60}} \text{ ortalama } P$$

D = Varlık kriterinin sağlanabildiği dairenin yarıçapı

V = Konferans salonunun hacmi (m³)

T 60 = Reverberasyon süresi (sn)

P = Kaynak gücü (μW)

2.2.1.5 Yanıt Eğrisi

Hacme beyaz gürültü verildiğinde elde edilen tepkinin eğrisine hacmin yanıt eğrisi denir. (Karabiber, 1985)

Yanıt eğrisini etkileyen iki ana unsur vardır:

- 1) Hacmin reverberasyon süresi,
- 2) Hacmin fiziksel ve geometrik yapısı, yani boyutları ve biçimi.

Reverberasyon süresinin frekanslara göre değişim göstermemesi ve salondaki öz frekanslara göre düzgün dağılımı ve yayıncılığı; yanıt eğrisinin yeterince doğru olmasında etkilidir. Frekanslardaki değişiklikler, salonun da buna bağlı olarak farklı tepkiler vermesine neden olabilmektedir. Bu nedenle, basit oranlara sahip kare ya da dikdörtgen planlı salonlarda, boyutlar nedeniyle frekans uyumsuzluğu söz konusudur. Uygulamada alınan çeşitli önlemlerle reverberasyon süresinin frekans değişimlerine bağlı olarak farklılık göstermemesi sağlanmalıdır.

2.2.2 Hacim Akustiğinin Özelliklerinin Değerlendirilmesinde Etkili Olan Etkenler

Hacim akustiğinin özelliklerinin değerlendirilmesinde etkili olan faktörler mekanın hacmi, biçimi, mekanın iç yüzeylerinin şekli ve yutuculuk değerleri olarak incelenmektedir.

2.2.2.1 Hacim

Reverberasyon süresinin doğrudan etkili olduğu hacim faktörü, içinde bulunduğu ses kaynağının yayılımı ile doğrudan orantılıdır. Yayılacak olan sesin şiddeti, ses düzeyi ve enerjisinin salon doğrultusundaki yayılımı ve korunumu hacim ile bağlantılıdır. Kaynaktan çıkan sesin işitilebilirliği, salon dahilindeki en uzak noktalara bile yeterli şekilde iletilmesi, hacmin tasarımının önemini ortaya koymaktadır.

Hacim içindeki ideal olarak görülen yüzeylerin yansıtıcı ve yutucu özelliklerinin doğru kullanılması ve reverberasyon süresinin doğru seçilmesi ile optimum hacim koşulları oluşturulmaktadır. Optimum hacimde, gerekli görülen yüzeylere,

seyircilerin dışında yutuculuk özelliği olan etkenlerin kullanılmaması temel amaçtır.

Çok küçük hacimli ya da çok büyük hacimli salonlarda çalınan müzik ve seyirci kapasitesinin fazla oluşu hoşnutsuzluk yaratabilmektedir. Bu amaçla farklı hacimlerde optimum boyut, oturma kapasitesi, seyirci başına düşen hacim ihtiyacı aşağıda bulunan tablo ile belirtilmiştir.

	Minimum (m ³)	Optimum (m ³)	Maksimum (m ³)
Konser salonları	6.52	7.8	10,8
Opera binaları	4.5	5,7	7,4
Kiliseler	5.7	8,5	12
Sinemalar	2,8	3.5	5,1
Konuşma amaçlı hacimler	2,3	3,1	4.3
Çok amaçlı salonlar	5,1	7,1	8,5

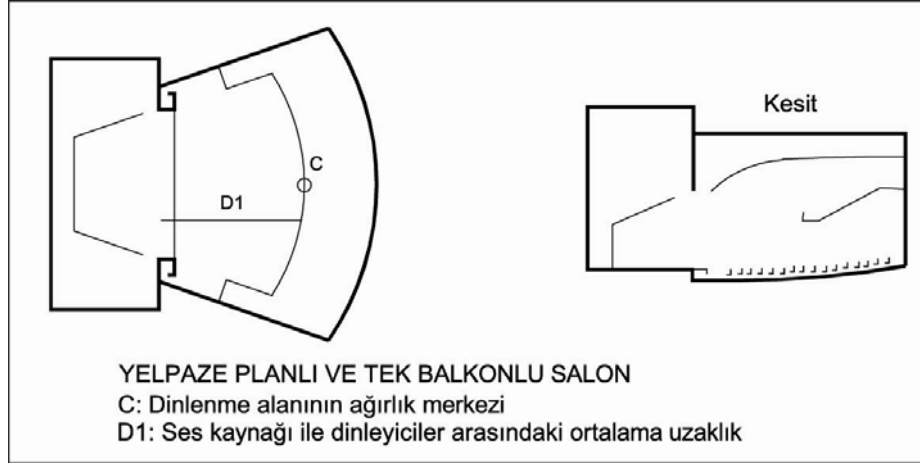
Tablo 2-12 : Farklı tipteki salonlar için kişi başına düşen optimum hacim değerleri, (Doelle, 1972)

2.2.2.2 Biçim

Konser salonları, oditoryumlar gibi akustik koşulların ön planda olduğu alanlarda, sesin hacim içindeki dağılımı önemlidir. Dağılımın doğru yapılmadığı salonlarda, eko vb. şekillerde işitme açısından çeşitli kusurlar ortaya çıkabilmektedir. Salonun hem plan düzleminde hem de kesitte bulunan yüzeylerinin biçimlenişi sesin yayılımında etkilidir. Ancak 1000 kişilik kapasitenin altında büyüklüğe sahip hacimlerde salon şeklinin önemi azalır.

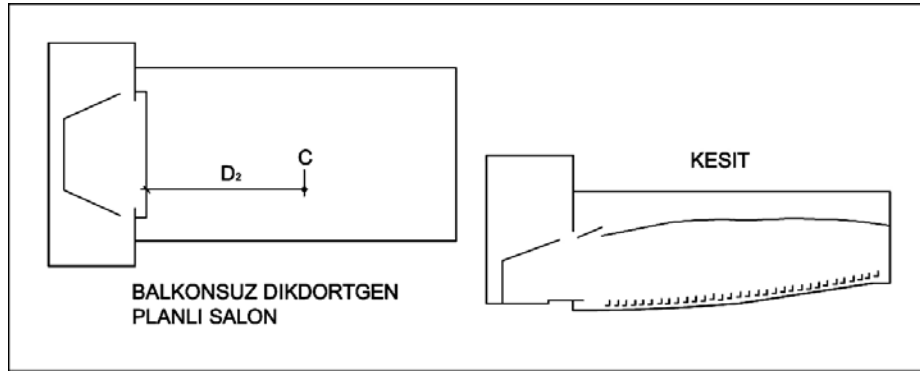
Salon şekillerini belli başlıklar altında toplayarak inceleyebiliriz : Yelpaze, dikdörtgen ve at nalı planlı salonlar Bu sınıflandırmaya dahil olmayanlar "diğer biçimler" başlığı altında ele alınabilir.

Yelpaze Planlı Salonlar : Bu tip salonlar boyut büyüdükçe tercih edilir. En büyük avantajı dinleyicinin ses kaynağına daha yakın olmasıdır. Salonun arkası iç bükey olmamalı, yan duvarlardan yansılardan doğan sorunlar ise; geniş saçıcı ya da yutucu yüzeyler kullanılarak engellenmelidir.



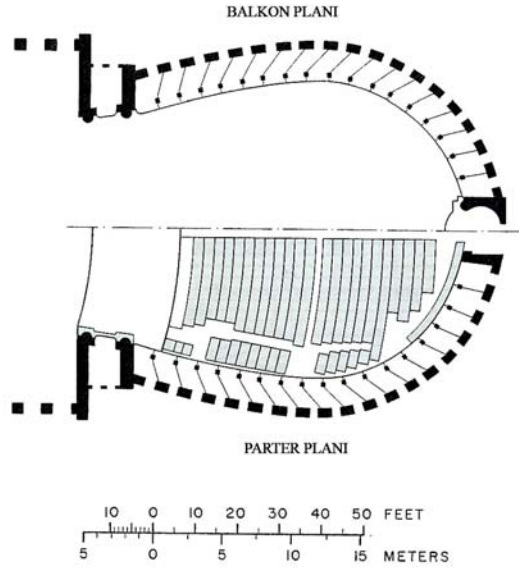
Şekil 2-7 : Yelpaze plan şemasına sahip salon örneği (Doelle, 1972)

Dikdörtgen Planlı Salonlar: Bu tip salonlar, büyük yapım kolaylığı getirirler. Buna karşın, salon içindeki ses dağılımı ve düzeyi ses kaynağı çevresinde konumlandırılan yansıtıcılar kullanılarak sağlanır. Ancak saf geometrik biçimlerin sorun yarattığı bilindiğinden, özellikle küresel, elipsoidal, kübik, silindirik biçimlerden mümkün olduğunca kaçınılmalıdır.



Şekil 2-8 : Dikdörtgen plan şemasına sahip salon örneği (Doelle, 1972)

At Nalı Planlı Salonlar: Bu formdaki salonlar opera binaları için uygun bulunmaktadır.



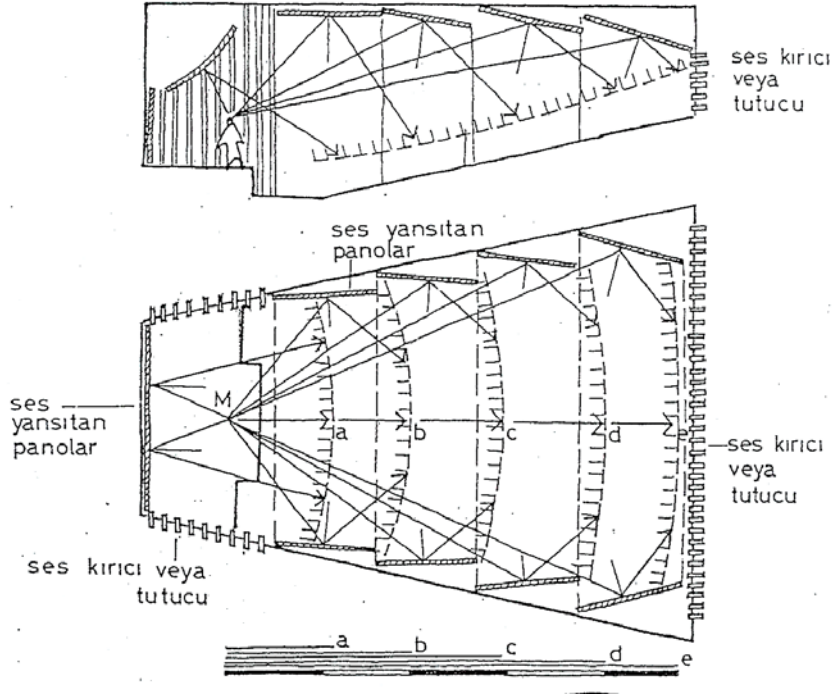
Şekil 2-9 : At nalı plan şemasına sahip salon örneği, La Scala, 1830, (Doelle, 1972)

Diğer Biçimlerdeki Salonlar: Yukarıdaki sınıflandırmanın dışında kalan salonlarda geleneksel oran olarak bilinen 2:3:5, yükseklik, genişlik, uzunluğu ifade eden bağıntı kullanılır. Geleneksel plan şeması olanlar, daha popüler ve tercih edilen salonlardır. Bunlar oval ya da düzensiz plan şemasına sahip olabilecekleri gibi dikdörtgen ve yelpaze biçimlerinin bir melezi sayılabilecek salonlardır.

Tasarım aşamasında sesin dağılımı ve yayılımı çeşitli şekillerde incelenmeli ve bunlar göz önüne alınarak planlama yapılmalıdır. Her tasarım için farklı biçimlerin doğurduğu farklı durumlar oluşsa da ortak olarak aşağıda belirtilen noktalara dikkat edilmelidir.

- Plan ve kesit şemalarında yaklaşık olarak bir yumurta görünümü olmalı,
- Derinliği az, genişliği fazla hacimlerden, çok geniş yelpaze biçimlerinden kaçınılmalı,
- Sahneye yakın yüzeyler sert ve yansıtıcı, izleyiciye yakın kısımlar ve arka duvarlar ses yutucu özelliklerde olmalı,
- Yan duvarlar ve tavan düzlemleri sert ve yansıtıcı olmalı,

- Yansıtıcı yüzeylerin paralelliğinden, derin düşük tavanlı hacimlerden kaçınılmalıdır. (Budak 1994)



Şekil 2-10: Salonlar için, akustik gereksinimlerin belirlediği ortak özellikler (Eriç, 1994)

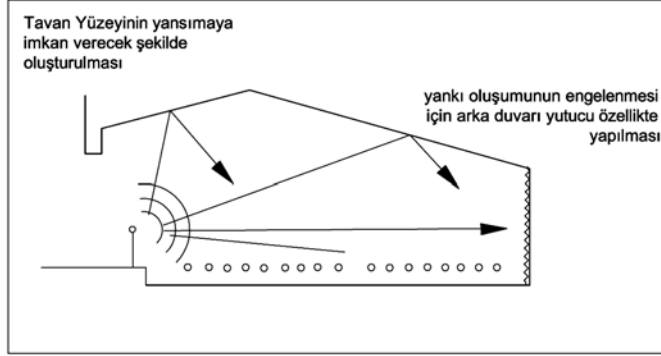
2.2.2.3 Hacim İçindeki Yüzeyler

Reverberasyon süresi üzerinde etkili olan toplam yutuculuk değeri, hacim içerisinde kullanılan iç yüzey kaplamaları ve mekandaki insan yutuculuğunda bağlıdır. İç yüzey kaplamalarının yansıtıcı ve yutucu nitelikte kullanımı, hacim içerisindeki form nedeniyle oluşabilecek yankı, odaklanma vb. kusurların ortadan kalkmasını sağlayabilecektir. Beranek araştırmalarında, mekan içindeki insan yutuculuğunun, yüzey yutuculuğunun %33'nü oluşturduğunu belirlemiştir.

Tavan ve yansıtıcı yüzeyler: İlk yansımaların oluşması ve iletilmesinde tavan formunun ve malzeme özelliklerinin önemi büyüktür. İlk yansımalar, hacim içindeki dolaysız sesi güçlendirmektedir. Bu nedenden dolayı ses düzeyinin artırılmasının istendiği durumlarda tavan yüzeyinin ses yansıtıcılık değeri artırılmalıdır.

İlk yansımaların artırılması için, ses kaynağının yakınında bulunan tavan, yan

yüzeyle ve kimi durumlarda arka tavan yüzeylelerine yansıtıcı elemanlar yerleştirilmelidir. Bu yüzeylelerin yansıtıcılık katsayıları yüksektir. Boyutlar, sesin dalga boyuna göre belirlenmelidir. Kullanıldıkları yere göre iç-dış bükey olabilmektedirler.



Şekil 2-11 : Hacmin arka ve yan duvarlarında yankının engellenmesi (Budak, 1994)

Çoğunlukla, tavanın iç bükeyliğinin yüksekliği ile olan oranı 2'den büyük olmamalıdır. Bu oranın sağlanmadığı durumlarda yankı tehlikesi söz konusudur.

Arka ve yan duvarlar: Mekan içinde dolaysız ses ile ses kaynağından çıkıp arka duvardan yansıyan ses arasında uzun bir süre olması, yankıyı oluşturmaktadır. Bu nedenle mekanın arka duvarı, ses kaynağının yankı oluşturmayacağı bir mesafe olmalıdır. Arka duvarın ses yutucu özellikte olması ise yankı bölgesi oluşumunu engelleyebilir.

Paralel ve uzun duvarların varlığı vurgusal yankı oluşturabilmektedir. Bu nedenden dolayı hacim içinde yüzeylelerin paralel olması önlenmelidir. Bu tipteki yüzeylelerin yansıtıcı nitelikte olması istenmemektedir.

2.2.3 Hacim Akustiğinde Sesin ve Mekanın Özelliklerine Bağlı Kusurlar

Hacim akustiğindeki kusurlar mekan ve sesin özelliklerine bağlı olarak oluşmaktadır. Bu konu odaklanma, eko, rezonans, ses gölgesi, bitişik hacimler, salonlarda düzensiz dağılım ve fısıldayan galeri başlıkları altında tanımlanmıştır. Sesin niteliğine olduğu kadar tasarıma da bağlı kusurlar oldukları için, projelendirme aşamasında dikkat edilmelidir.

2.2.3.1 Distorsiyon

Kapalı bir hacim içersinde reverberasyon süresinin frekanslara göre farklılık göstermesi sonucu ses kalitesinde ve tınısında bozulmalar meydana gelir. Ses yeğnlükleri farklı algılanır. Frekanslara bağılı olarak, sesteki bozulmalar ve yeğnlük farklılıklarına distorsiyon adı verilir. Hacim içinde kullanılan malzemeler sesin frekanslarına göre farklılıklar göstermektedir. Buna göre, aynı malzeme ile kaplanan salonda frekans farklılıklarına göre yutulma ve yansıma istenen özelliklerde gerçekleşmeyebilir. Bu nedenle hacim içersinde oluşabilecek seslerin tayfsal yapıları ile sessel kaliteleri bozulur.

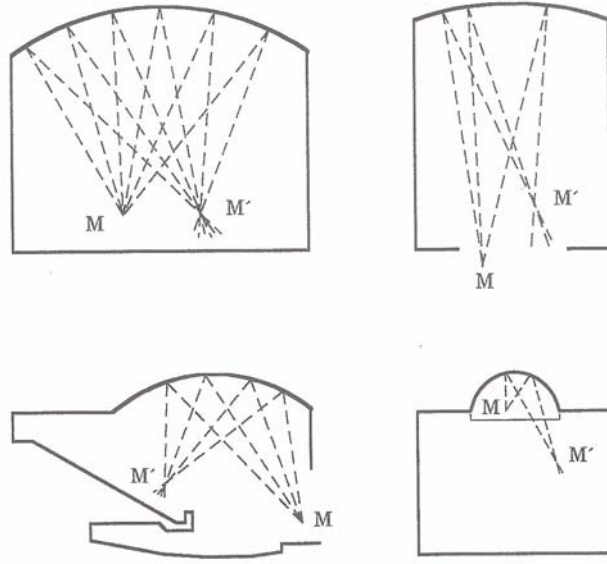
Tüm işitme frekans aralığında, akustik malzeme bitişleri dengeli yutuculuk özelliklerine sahip bir şekilde uygulanırsa distorsiyon olmaz. (Doelle, 1972)

Genel olarak distorsiyon titreme ekoları; seçici ses yutuculuk, sempatik çınlayan tonlar olarak ayrı ayrı incelenebilir.

- Titreme Ekoları : Karşılıklı yansıtıcı iki paralel duvar nedeniyle kaynaktan çıkan sesin yansiyarak fark edilir ekolar üretmesi sonucu oluşur. Koridor benzeri hacimlerde sıkça görülür. Ses kaynağının paralel yüzeylerde konumlandırılması; bu duvarların paralelliklerin ortadan kaldırılması ya da yüzeylerin eğik elemanlarla parçalanması çözüm olabilir. Yüzeylerden birinin yutucu malzeme ile kaplanması ise mekan içindeki ses dağılımına zarar verebileceği için tercih edilmemesi gereken durumlardandır.
- Sempatik Çınlayan Tonlar: "Sempatik" sözcüğü, ses için kullanıldığında, "bir sesin etkisiyle titreşen bir cismin çıkardığı ses" anlamını içermektedir. Müzik içindeki bir akorun frekansı ile sempatik titreşim içindeki cismin frekanslarının eşit olması durumunda, bu akora salonun vereceği belirgin tepki, rahatsız edici olabilir ve hatta müziğin kaydedilmesini engelleyebilir. Bu durumda alınacak önlem, titreşim söndürücü bir maddeyi cisme uygulamaktır. (Budak, 1994)

2.2.3.2 Odaklanma

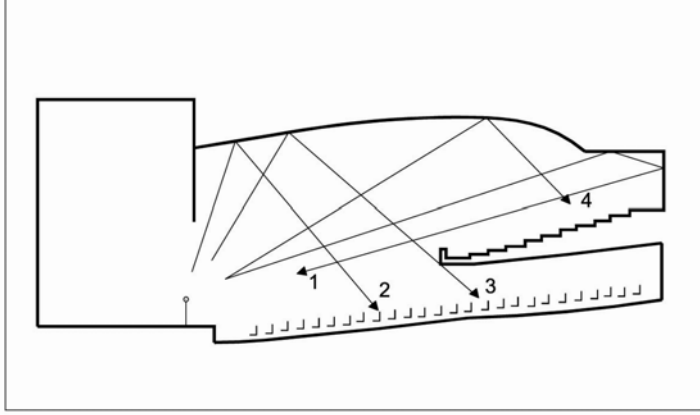
İç bükey yüzeylere gelen ses ışınlarının yansımaları hacim içerisinde odaklanmalara neden olabilmektedir. Ses ışınları hacim içinde bir noktada ya da alanda toplanarak ikincil bir ses kaynağı oluşturabilir. Dolayısıyla bu yüzeyler, ses ışınlarının bir noktada ya da küçük bir alanda toplanmalarına neden olabilir. Odaklanmadan kaçınılmasının temel nedeni hacim içinde ana ses kaynağı dışında alternatif ses kaynaklarının oluşmasını engellemektir.



Şekil 2-12 : Çeşitli hacimlerde görülen odaklanmalar, (Eriç, 1994)

Kubbeden ötürü oluşan odaklanma etkisini azaltmak için; tavan eğriselliğinin yarıçapını, tavan yüksekliğinin iki katına, en azından eşit tutmak, ya da bu yarıçapı tavan yüksekliğinin yarısından düşük tutmak, pratik bir kuraldır. Daha büyük bir yarıçap ile tavan neredeyse düz olurken, küçük yarıçap ile eğrisel yüzey alanı azalmakta ve sadece dar bir ses demeti çarpıp hızla odaklanıp saçılarak, daha az rahatsızlık duyulmasını sağlamaktadır. Kubbe kesitinin iç bükey eğriselliği ve çok sayıda dış bükey yüzeylerden oluşacak şekilde profillendirilmesi odaklanma etkisini azaltıcı bir başka önlemdir. (Budak, 1994)

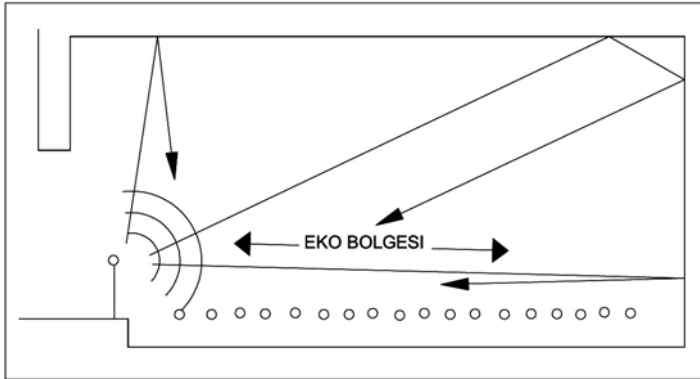
2.2.3.3 Eko



Şekil 2-13 : 1.Eko 2. Uzun gecikmiş yansımalar 3. Ses gölgesi 4. Ses odaklanmaları (Doelle, 1972)

Birbirine paralel ve yansıtma özelliği yoğun olan karşılıklı iki duvardan yansıyan seslerin birinin aynı, diğerinin zıt fazlı olması **vurgusal yankı** oluşumuna neden olur ve ses yeğlilik düzeylerinde dalgalar meydana gelir.

Zıt fazlarda bu düzey minimum, aynı fazda ise yeğlilik yüzeyleri maksimumdur. **Açık Yankı** ise, dinleyiciye yansıyan sesin dolaysız sestən 50 milisaniye sonra ulaşması halinde oluşur.



Şekil 2-14 : Eko üretmesi olası yüzeyler (Budak, 1994)

Salonların arka duvarlarında oluşturulmuş balkonlar ya da yüksek ve çıplak yan duvarların paralel olmasının önüne geçilip, yüzeylerinde eğiklikler oluşturulması durumunda ses yansıyarak ön kısma geri dönemez; saçılarak dağılır. Böylece eko

oluşumunun önüne geçilmiş olunur. Eko, yüzey üzerindeki eğimli kısımların açıları ve sayıları, salonun büyüklüğü, biçimi, parterin eğimi gibi birçok faktöre bağlıdır.

Kubbe, yarı dairesel duvarlar ve yelpaze biçimli salonların arkalarındaki iç bükey duvarlarda ekonun önlenmesi oldukça zordur. Bu yüzden bu tip formlardan kaçınılması gerekmektedir.

Bu durumla karşılaşılan Venezüella'nın başkenti Caracas'taki Aula Magna Salonunda, arka duvar, yüksek derecede yutucu malzeme ile kaplanmış, kapıların ise sesi salona direkt olarak yansıtımayacak şekilde açıları değiştirilmiştir. Bir başka önlem, arka duvarın üst yarısını öne doğru eğerek, yansıyan ses enerjisini izleyicilere yöneltmek ve alt kısmı, yüksek ses yutucu biçimde tasarlayarak eko oluşumunu önlemektir. (Budak, 1994)

Hacim içindeki duvar biçimlerinden ayrı olarak, kısa reverberasyon süresi, tavan ve yan duvarların yansıtma katsayısının az olması da eko oluşumunda etken olabilmektedir.

Bir nota seslendirildiğinde; orkestra elemanları ve salonun önündeki dinleyiciler bir yanıt duymayı beklerler. Eğer reverberasyon süresi uygun; tavan ve duvarlarda düzensizlikler varsa, salon hemen yanıt verir. Aksi takdirde ilk yanıt salonun arka ve yan duvarlarından eko olarak verilmektedir.

Tasarımda dikkat edilecek üç nokta ile eko engellenebilir:

- Sesin çok büyük bir kısmı arka duvara yönlendirilmemelidir.
- Salonun önündeki izleyiciler ve orkestra elemanları için orta uzunlukta bir sürede gecikme yansımaları, tavan ve duvarlardaki düzensizlikler tarafından sağlanmalıdır. Uygun yüzey düzensizlikleri için tavan ya da duvarlarda kabartmalar, nişler ya da tamamen düzensiz bir konstrüksiyon seçilmelidir.
- Büyük bir salonda, gerçek tavan önüne, ya kısmen açıklıkları olan bir asma tavan yapılarak kısa ilk zaman gecikme farkı sağlanmalı ya da ses yansıtıcı paneller asarak akustik denge sağlanmalıdır. (Beranek, 1962)

Ses kaynağının karşısında bulunan salon arka duvarı eko oluşması açısından tehlikeli bir durum oluşturmaktadır. Balkon olması durumunda bu kusur azaltılabilir. Diğer bir seçenek ise arka duvarın yansıtıcı özelliklerinin azaltılarak ses yutucu malzemelerden oluşturulmasıdır. Arka duvarın malzemesi kadar biçimi de eko oluşmasında etken olabilmektedir. Dışbükey olması durumunda ses, salon duvarlarına doğru saçılarak yayılabilmektedir. Köşelerde oluşan çabuk yansıma sorunları akustik sıva gibi ses yutucu malzemeler kullanılarak çözümlenebilir.

2.2.3.4 Rezonans

Renklem olarak da adlandırılan rezonans, kaynaktan çıkan sesin farklı frekanslarda gösterdiği aşırı tepkiye verilen addır. Küçük hacimlerde ciddi bir kusur olarak kabul edilir. Dar bir bant frekans içindeki belli seslerin diğer frekanslardan yüksek çıkması şeklinde algılanır. Özellikle sesin mikrofonlarla alındığı radyo ve kayıt stüdyolarının tasarımında, kusurun giderilmesi önem taşır.

2.2.3.5 Ses Gölgesi

Ses gölgesine derin balkon altlarında rastlanır ve derinlikleri yüksekliğin iki katı olan bu balkon tasarımında ses düzeyi balkonun gölgelemesi yüzünden azalır, zayıflar. Özellikle arka kısımlar, direkt ses azalamaz ya da çok az alabilir durumda kalabilir.

2.2.3.6 Bitişik Hacimler

Merdiven boşluğu, koridor, sahne kulesi gibi reverberant bir hacim bir salona bağlanmış ise bu iki hacim arasında “Bitişik Hacimler” etkisi oluşur. Salonun reverberasyon süresi kontrollü olsa da, bağlantı hava boşlukları ile olduğu sürece bitişik hacmin farklı reverberasyon süresi olması nedeniyle fark edilir. Bu fenomen, özellikle açık geçişlere yakın yerlerde oturanlar tarafından fark edilir.

Bitişik hacimlerin istenmeyen etkisi şu yöntemler kullanılarak yok edilebilir :

- İki hacim arasında ses yalıtımının sağlanması durumunda merdiven boşluğu ya da koridor gibi hacimlerin salonda ayırıcı nitelikte olması ile bu etkinin kaldırılması mümkündür.

- Her iki hacminde reverberasyon süresinin aynı olması sağlanarak ya da her iki hacimdeki mevcut reverberasyon sürelerinin düşürülmesi suretiyle bu etkinin fark edilmez hale gelmesi sağlanır.

2.2.3.7 Fısıldayan Galeri

Ses, yüksek frekanslarda geniş iç bükey yüzeylerde sürünerek ilerleme eğilimi gösterir. Bir fısıltıya benzer yumuşak bir ses kubbe içinde yer alırken, zıt yönde şaşırtıcı bir şekilde duyulabilir. Genellikle zararsız bir etki olarak kabul edilir.

BÖLÜM 3 İÇ MEKANDA KULLANILAN YAPI MALZEMELERİNİN AKUSTİK AÇIDAN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SINIFLANDIRILMASI

İç mekanda kullanılan yapı malzemeleri, sesin fiziksel davranışlarına verdikleri tepkilere göre yansıtıcı ve yutucu malzemeler olarak sınıflandırılmıştır. Akustik konfor koşullarının mekan içindeki işlevlerine bağlı olarak oluşturulması ve değerlendirilmesi bu bölüm dahilinde incelenmiştir.

3.1 Ses ve Malzeme İlişkisi

Ses kontrolünün gerçekleştiği ortamlarda, akustik düzenlemelerin gerçekleştirilmesi için, malzemenin ses ile olan ilişkisi incelenmelidir. Buna bağlı olarak, malzemeyi mekan için doğru amaçlar çerçevesinde kullanmak gereklidir. Ses, malzeme ile üç şekilde ilişkiye girebilir. Ses, bir malzemeye ulaştığında, bir kısmı malzeme bünyesinden geçerek ilerler, diğer bir kısmı malzemedan yansyarak geri döner ve kalanı da malzeme bünyesinde sönümlenir, yani yutulur. Her malzemenin, ses geçirme, yansıtma ve yutma değerleri farklıdır ve birbirleriyle ters orantılıdır. Malzemelerin, bu değerleri çeşitli etkenlere bağlıdır. Malzemenin öz nitelikleri bunda etkili olsa da aynı şekilde mekan içindeki kullanım yeri, yüzeyi ve şekli de uygulamayı etkiler.

Yapı elemanlarının oluşturulması esnasında gerekli çevre koşulları tespit edilir ve buna bağlı olarak akustik düzenlemeler planlanır. Mekanda gürültü denetimi ya da akustik işitsel koşulların ön planda bulunduğu alanlarda sesin dağılımı düzenlenir ve buna bağlı olarak mimari tasarım gerçekleştirilir. Tasarım aşaması ile malzemeyi ilişkilendirmek gereklidir. İstenen akustik düzenleme, yutulma, yansıtma ya da ses geçirmezlik, malzemenin amacı doğrultusunda kullanılması ile sağlanır.

Mekan içinde malzemenin istenilen kalınlığı, boşluk yapısı, hacim ağırlığı gibi faktörler akustik düzenlemeyi etkilemektedir. Sesin darbe etkili yayılımlarında, titreşimin önlenmesi ya da azaltılmasında mimari uygulamaların yanı sıra kullanılan malzeme de önem taşımaktadır.

Hacim akustiğinin sesin dağılımı ile bağlantılı olması nedeni ile istenilen işitsel kalitenin yakalanması, mekan içinde doğru formların kullanılmasına bağlıdır. Hacim

akustiği konusunda anlatıldığı Şekilde (2.2: Hacim Akustiği Değerlendirme Kriterleri ve Gereksinimleri) hacim içindeki yzeyleerin istenilen yansıtma, yutma ya da dağıtma özellikleri bu formların malzeme nitelikleriyle örtüŐmesiyle sağlanmaktadır.

3.1.1 Ses Yutucu Malzemeler

Ses yutucu elemanlar, akustik konforun sağlanması istendiğinde, iç mekanda önemli kullanım alanına sahip yapı malzemelerindedir. Gerek gürültü denetimi gerek hacim akustiğinde çeşitli kullanım alanları mevcuttur.

3.1.1.1 Ses Yutucu Malzemelerin Tanımı ve zellikleri

Bir malzemenin ses yutuculuk etkinliği gelen ses enerjisi oranını ifade eder. Ses yutuculuk katsayısı "a" ile ifade edilir. Teorik olarak 0'dan 1'e kadar değerisebilir.

Yapı malzemelerin ses yutuculukları 0.01 - 0.99 arasında değerir. Yüksek ses yutuculuk katsayılarına sahip malzemeler (0.20'den daha büyük) "ses yutucu malzeme" olarak adlandırılır.

Katsayıdaki değerim	çoğu Durum İçin Etkisi
0.50-0.10	Az
0.10-0.20	Belirgin
0.20 ve yukarısı	önemli

Tablo 3-1 : Ses yutuculuk katsayılarının sınıflandırılması

Bir malzemenin yutma katsayısı, temel olarak çarpan ses dalgasının geliş açısına ve sesin frekansına bağlıdır .

Bir hacim toplam yutuculuğu:

$a = \sum S\alpha$ ile bulunabilir.

a: Toplam hacim yutuculuğu

S: Yüzey alanı, m²

α : Verilen frekanstaki ses yutuculuk katsayısı (boyutsuz)

Emiciliğe tesir eden birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmaktadır.

- Frekans: Malzemenin yutuculuk değeri çeşitli frekanslara göre değişiklik gösterirler.
- Kalınlık: Aynı malzemedan yapılmış çeşitli kalınlıktaki levhalar birbirinden farklı yutuculuk değeri göstermektedir. Kalınlık arttıkça yutuculuk artar.
- Bağlayıcı madde: Malzemenin içeriğinde bulunan bağlayıcı, malzemenin yapısına etki etmesinden dolayı yutuculuk üzerinde rol oynar.
- Sıkışıklık: Malzemenin porozite oranının yutuculuk üzerinde etkisi bulunmaktadır. Özellikle lifli malzemelerde sıkışıklık yutuculuk üzerinde etkilidir.
- Yüzey pürüzlülüğü: Yüzeyin pürüzlü olması, sesin geliş açısını etkilemesinden dolayı sesin yutuculuğunda etkilidir. Genel olarak sıvalar üzerinde tel fırça ile yapılan delik ve pürüzler ses emiciliğinde artırıcı rol oynarlar.
- Uygulama yeri: Ses yutucu malzemelerin (şerit veya parçalar gibi) uygulanma şekilleri yutuculuk üzerinde etkilidir.
- Yüzey üzerinde bulunan delikler: Akustik malzemelerin yüzeyinde, içeriye doğru delikler açılması yutucu yüzeyin büyümesine neden olmaktadır. Böylelikle yutuculuk özelliğinin artması sağlanır.
- Boya : Boya malzemenin yutuculuk özelliği üzerinde önemli etkilere sahiptir. Malzeme yüzeyindeki küçük delikler, boyanın uygulanması esnasında etkinliklerini kaybederler. İnce bir tabaka halinde uygulanması ile yüzey üzerindeki deliklerin akustik etkinliklerinin kaybolmasını önler. Hiç bir şekilde yağlı boya kullanılmamalıdır. Suda çözülmeyen mineral boya kullanılması tercih edilir. Homojen, sürekli bir tabaka oluşturularak gözeneklerin kapanması engellenmelidir. Çoğu yutucu malzemenin yutuculuk özelliği hücrelerine hava akışının sağlanmasıyla oluştuğundan geçirimsiz bir tabaka, ne kadar ince olursa olsun olumsuz etkiler. (Yılmaz, Budak, 1998)

Akustik malzemenin fiziksel özellikleri, yutuculuğunu belirgin olarak etkiler.

- Mukavemeti, yüzey dokusu ve üzerine takılacağı kabuğun yeri,

- Uygulamaya tabî olacak hacim,
- İşçilik için gerekli zaman,
- İleride sökülüp çıkarılması olasılığı,
- Maliyeti
- Montajı vb.

Örneğin, aynı malzemenin duvara direkt montajı ile aralarında hava boşluğu bırakılarak yapılan montajı arasında büyük fark vardır. Belirli sınırlarda derinliğin artırılması, ortalama yutuculuğu artırır; maksimum yutuculuğun olduğu frekansı değiştirir. Panelin boyutları rezonans frekansını belirleyici bir faktör olduğuna göre, yutuculuğun arttığı yerdeki frekans bölgesi, çıtalama aralıkları arasındaki mesafeye bağlıdır. Bu aralıklar çoğu zaman malzemenin özelliklerine bağlı olarak belirlenir. (Budak, 1994)

Aynı malzemenin, parçalar ve dar çubuklar şeklindeki uygulamaları, üniform uygulamalardan daha verimlidir. Malzemelerin parçalar halinde kullanılmasında, hacmin neresinde kullanılacağına dair sorunlar ortaya çıkar. Köşelerde ya da köşelere yakın yerlerde ses yutucu malzemelerini kullanılması daha etkilidir.

3.1.1.2 Ses Yutucu Malzemelerin Sınıflandırılması

Ses yutucu malzemeler yapılarına göre üç ana başlık altında incelenebilir. Bunlar elyaf esaslı, gözenekli malzemeler ve metaller olarak sınıflandırılmıştır.

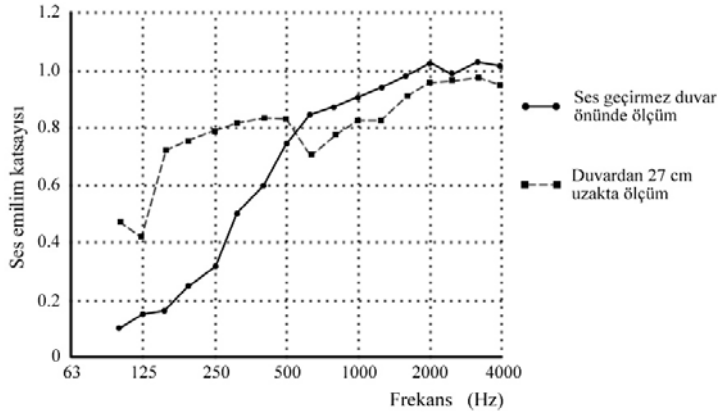
3.1.1.2.1 Elyaf Malzemeler

Lifin Tipi	Uygulaması
Tekstil (pamuk, yün, ipek) Bitkiler (Hindistan cevizi, sisal keneviri, Hint keneviri) Camyünü, taş yünü, amyant	Yumuşak Hasır Örgü
Ahşap (elyaf, talaş) selüloz, camyünü, taş yünü, amyant	Bağlayıcı Malzeme İle Sıkıştırılmış Paneller
Asbest, cam	(Bağlayıcı Malzeme İle Üzeri Püskürtülmüş Tabaka)

Tablo 3-2 : Emici malzemelerin sınıflandırılması, (Doelle, 1972)

Mineral Elyaf Malzemeler

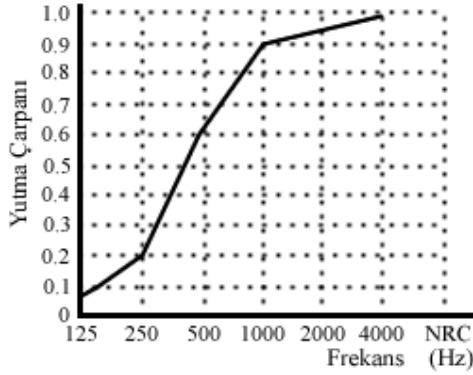
Mineral bazlı doğal malzemelerden oluşturulmaktadır. Bu nitelikte olan malzemelere örnek olarak asbest, silikon, magnezyum oksit, ya da taş bazlı malzemeler (taş yünü, cam yünü vb.) gösterilebilir. Sıkıştırılarak ya da bağlayıcı malzemelerle beraber üretilir. Çeşitli bitiş katmanları ile beraber kullanılabilir.



Şekil 3-1: 40 mm kalınlığında mineral elyaf levhaların uygulama şekline göre ses yutma dereceleri, (Özer, 1979)

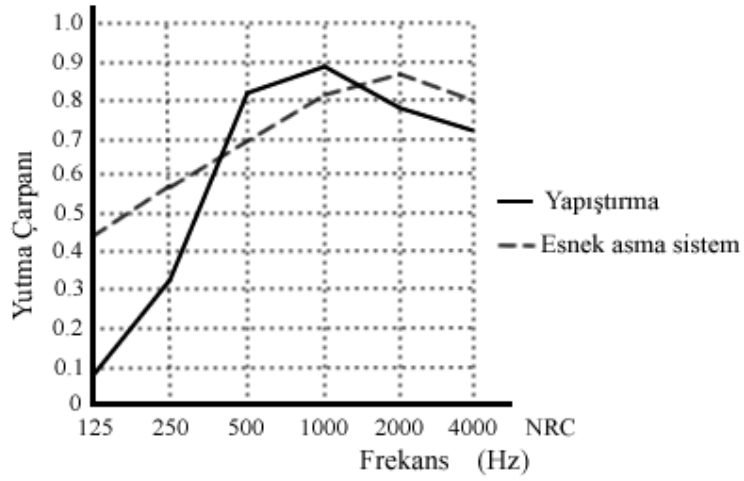
Cam Yünü: Mineral kökenli olup, uygun bir bileşimle hazırlanan cam 1100 C° düzeyinde ısıtılarak eriyik haline getirilir. Sıvı haldeki cam, platin bir çubuktan akarak büyük bir hızla dönen ve üzerinde küçük delikleri bulunan bir distribütör üzerine dökülür. Bu deliklerden merkezkaç kuvveti altında savrulmuş sıvı cam, kenarları delikli bir damla üzerine düşerek tekrar savrulur. Çok ince lif haline gelen cam yünü bir bant üzerine alınır. Bu sırada cam yünü çıplak olarak veya alüminyum folyo, mukavva, polietilen gibi yüzeylere yapıştırılarak levha veya rulo elde edilir.

Cam, yalıtım malzemesi olarak, çapları mikron boyutunda olan ince lifler haline getirilerek kullanılır. Cam yünü levha ve şilte olarak üretilmektedir. Yoğunluğu daha az olan (17 kg/m^3) cam yünü şilteler, metal, ahşap, alçı vb. asma tavanların üzerinde kullanılmaktadır. Lifli malzemenin ince zar gibi bir gereçle örtülü olması alçak frekanslar için olumlu iken yüksek frekanslarda yutuculuğu azaltır. (Mütevellioglu, 1995)



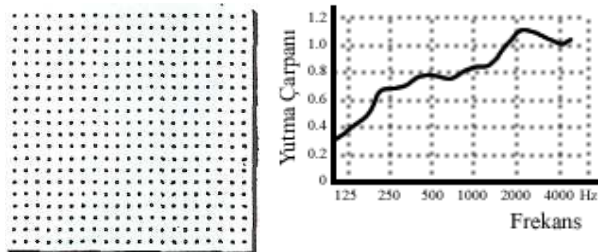
Şekil 3-2 : 2.5 cm kalınlıkta, 50 kg/m³ yoğunlukta, cam yünü asma tavan levha ses yutma çarpanları, (Mütevellioglu, 1995)

Taş Yünü: Mineral kökenli, elyafli bir ses yalıtım malzemesidir. Bazik magmatik kayaların bir potada 1500 C° düzeyinde eritilmesiyle elde edilir. Sıvı hale getirilen malzeme büyük bir hızla dönen çark üzerine dökülür. Çark üzerine savrulan lifler uçuşurken soğur ve hareketli bir bant üzerine alınır. Lifler inorganik olup, malzemeye yüksek yalıtım özelliği kazandıran, lifler arasında hapsolan ve sirküle olmayan havadır. Taş yünü lifleri 1000 C°'yi aşan sıcaklıklarda erimediği için, yangına oldukça dirençlidir. Bant üzerine alınırken, bir bağlayıcı ile sarılır ve daha sonra fırınlanır. Fırınlama sırasında kalınlık ve yoğunluk da belirlenir. Fırından çıkarılan taş yünü çeşitli boyutlarda kesilerek levha veya şilte biçimine getirilir veya dökme olarak da uygulanabilir. Şilte ve levhaların üzerine gerektiğinde alüminyum folyo, cam dokuma veya bitüm kaplanabilir. Ses yalıtımı gereken yerlerde kullanım sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, ses yalıtımı köprülerinin oluşmasını engellemektir. Taş yünü (300-400 kg/m³); genellikle bozık magmatik taş kalkerli hammaddelerden elde edilen liflerin fenolik reçine ile bağlanması ve prese edilmesi yöntemi ile üretilir.

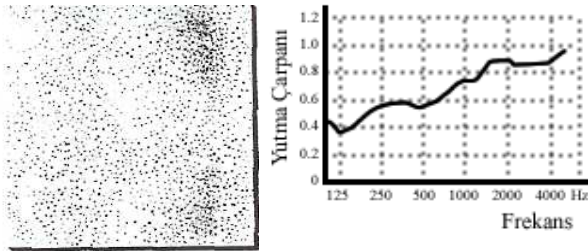


Şekil 3-3 : 2 cm kalınlıkta, yüzeyi çizikli mineral lif levha yutma çarpanları (Harris, 1957)

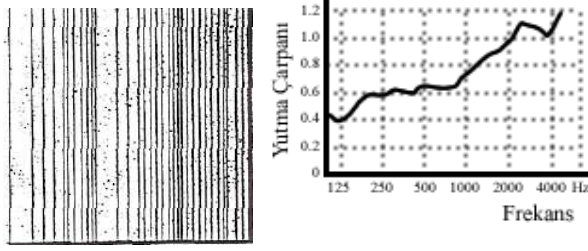
Değişik yüzey dokulu taş yünü asma tavan levhaları ve frekanslara göre yutma çarpanları aşağıda gösterilmektedir.



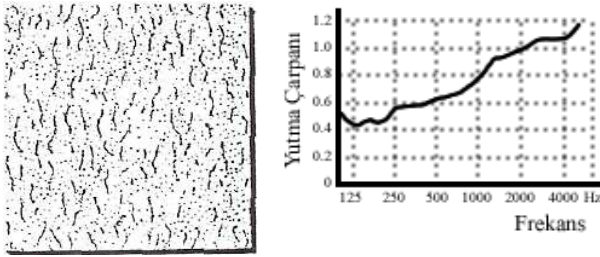
Şekil 3-4 : Eşit aralıklarla delikli bir yüzey, delik aralıkları 12.5 mm, delik çapları 4 mm, (Aspen, 2006)



Şekil 3-5 : Düz bir yüzey, üzeri geliş güzel delinmiş, (Aspen, 2006)



Şekil 3-6 : Yüzey düzensiz aralarla izli ve çok ince delinmiş, (Aspen, 2006)



Şekil 3-7 : Derin pürüzlü, yüzeyi delinmiş plaklar, (Aspen, 2006)

Asbest (Amyant): Asbest, çeşitli biçimler altında bulunan doğal bir lif cinsidir. Bu lifler, koyu renkli magmatik kütlelerin su dolması ile oluşmuşlardır. Asbestte, gerek dokunmuş veya örülmüş olsun gerekse diğer bileşenlerle karıştırılmış olsun, liflerin mümkün olduğunca uzun olması aranan bir özelliktir. Asbest, PVC ve asfalt emisyonları gibi bağlayıcı malzemelerde dolgu malzemesi olarak kullanılır. Ayrıca, iplik ve dokuma dışında, bir bağlayıcı ile karıştırılarak düz veya eğrilikli yüzeyli levhaların üretilmesinde de kullanılır. Endüstride ve düzgün olmayan yüzeylerin kaplanmasında püskürtme yöntemine başvurulur. Kansere neden olduğu gerekçesiyle kapalı mekanlarda kullanılması sakıncalıdır; hatta bazı ülkelerde kullanımı yasaktır. Buna karşın iyi bir ses yalıtımı malzemesidir.

Perlit (Genleştirilmiş doğal cam): Mineral kökenli ve taneli iç yapıya sahip olan bir yalıtkanın üretiminde kullanılır. Perlit volkanik kökenli doğal bir camdır. 900-1000C° düzeyinde ısıtıldığında, içinde hava hücreleri bulunan küçük taneciklere dönüşen bir malzemedir. İri ve ince tanecikler halinde bulunur. İri taneler, çimento, alçı ve kireç gibi bağlayıcılarla iyi bir birleşme yapar. Eğim betonu yapımında, sıvalarda (tavan ve duvarlarda), hafif beton imalinde yüzer döşemede şap altı dolgu malzemesi olarak kullanılır. İnce tanecikli perlit, yalıtımda dökme şeklinde kullanılır.



Resim 3-1 : Selüloz ve mineral lifli asbest katkılı malzeme



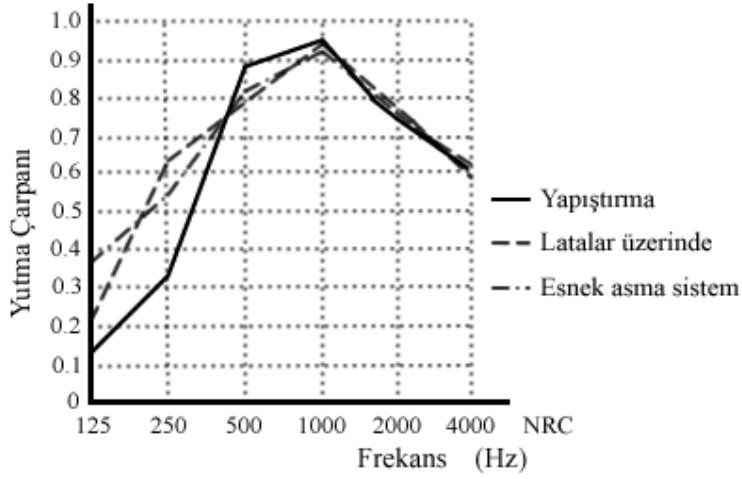
Resim 3-2 : Selüloz lifli asbest katkılı emici malzeme

Organik Elyaf Malzemeler

Ahşap bazlı malzemelerden oluşmaktadır. Ahşap, talaş ve lifin mermer tozu ile karıştırılması ile üretilir. Yutucu olması amacıyla bu malzemelerden oluşturulan paneller boşluklu ve elastik özellikli olup delikli yapıda teşkil edilmektedir. Görünen yüzey de boya tabakası ya da asbest plastik bir yüzeyle kaplanmaktadır. Panellerin kalınlıkları akustik düzeltmelerin yapılabilmesi için 10 mm'den 30. mm'ye kadar değişebilmektedir.

Ahşap (Lif, Talaş): Odunlaşmış liflerin katkı maddeli ya da maddesiz bir bağlayıcı ile karıştırılıp, yapıştırılması ile levha haline getirilir. Odunlaşmış lifler, bitkilerin odunlaşmış kısımlarından mekanik ya da kimyasal olarak elde edilmiş selüloz lif ya da lif gruplarıdır. Yapıştırıcı olarak organik ya da inorganik gereçler kullanılır.

Mineral liflerin kullanımı iç mekanlarda sağlık açısından sorun taşıyabileceğinden, ahşap liflerin kullanılması daha olumlu bulunmaktadır. Ahşap aynı zamanda yenilenebilir bir kaynaktır.



Şekil 3-8 : 2.50 cm kalınlıkta, düzenli aralarla delinmiş ahşap lif levhanın ortalama ses yutma çarpanları (Harris, 1957)

Liflerin kesit formu, dikdörtgen ya da silindir formlarda olup boşluklu saman benzeri niteliktedir. Kendi başlarına kullanımlarında hava direnci fazladır. Ses yutuculuğunun artırılması amacıyla kalın kesitli, çeşitli bağlayıcılar ile levhalar halinde imal edilirler. Liflerin ve talaşların uzunluğuna bağlı olarak dayanıklılık değişir. Düşük yoğunluklu lifli levhalar (bitki lifli levhalar) bile görece olarak hava ve dolayısıyla ses geçirmezdirler. Yangın dayanımı oldukça düşüktür, yanıcı olarak sınıflandırılmaktadırlar.


	Magnezit-bileşimli ince lifli ahşap yünü Standart Boyutları; 600x600, 600x1200 Kalınlık: 25 mm					
	125	250	500	1000	2000	4000
	0.04	0.12	0.38	0.73	0.53	0.80

Tablo 3-3 :İnce lifli ahşap yünü levhanın frekanslara göre ses yutma özellikleri, (Sirel, 2000)

Ahşap lifleri ya da yonga ve talaşları, sıkıştırılmış panel kullanımında doğrudan mineral liflerinin yerine kullanılabilir. Büyük miktarlarda lif ve talaş uygun reçine bağlayıcı ile yüksek yoğunluklu ve görece olarak su geçirmez şekilde üretilir.

Bitkisel bazlı elyaf olarak pamuk, yün, ipek gibi tekstil, hindistan cevizi, sisal keneviri, hint keneviri gibi bitki lifli ya da hayvansal kökenli kıl, keçeden oluşturulan

hasır örgüler meydana getirilerek yutucu özellikte dokumalar üretilmektedir.

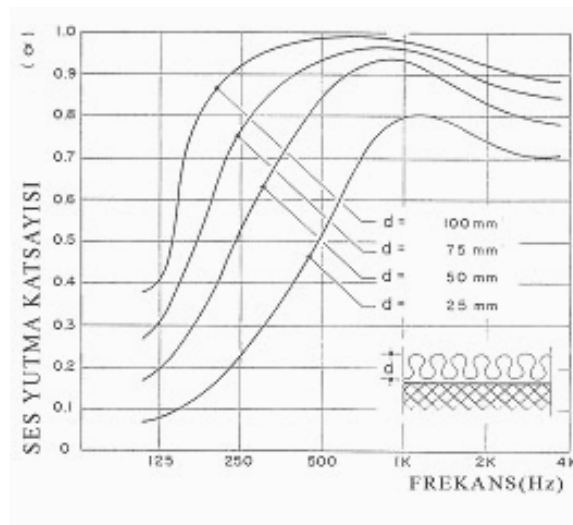
	Magnezit-bileşimli kalın lifli ahşap yünü Standart Boyutları; 600x600, 600x1200 Kalınlık: 50 mm					
	125	250	500	1000	2000	4000
	0.10	0.38	0.83	0.55	0.89	0.92

Tablo 3-4 :Kalın lifli ahşap yünü levhannın frekanslara göre ses yutma özellikleri, (Sirel, 2000)

Genellikle yumuşak (yoğunluğu az) ve aşınmaya dayanıksız olduklarından, kullanılabilimleri delikli bir gereç (kumaş, ahşap ya da metal levha) ile kaplanmaları ile mümkün olur. Bu durumda, yalnızca öndeki gerecin boşluklarından geçen ses enerjisi gözenekli gerece ulaşabilir ve belirli oranda yutulur.

3.1.1.2.2 Gözenekli Malzemeler

Gözenekli geçirgen ses yutucuların ses yutma etkisi, hava partiküllerinin madde içindeki hareketi sırasında ses enerjisinin ısıya dönüşmesi yoluyla meydana gelmektedir. Bu oluşumun ön şartı, söz konusu maddenin yeterli bir gözenekli geçirgenliğe sahip olmasıdır. Gözeneklerin dışarı açılmış ve birbiriyle bağlantılı olması gerekmektedir. (Özer, 1979)



Şekil 3-9: Gözenekli malzemede ses yutma katsayısının kalınlıkla ilişkisi, (Doelle, 1972)

Ses yutuculukları, düşük frekanslardan ziyade yüksek frekanslarda daha verimlidir. Akustik verimlilikleri, düşük frekans dizisinde, malzemede artan kalınlık ve arkalarına hava boşluğu konması doğrultusunda artar.

Gözenekli tabakaların yutma karakteristikleri aşağıdaki önemli kurallarda sıralanmıştır:

- Gözenekli bir tabakadaki yutma, frekans arttıkça artar.
- Düşük frekanslardaki yüksek yutma; düşük akış dirençli bir malzemeyi (gözenekli lifli malzemeler) ve aynı zamanda kalın bir tabakayı (10 cm ve üstü) gerekli kılar.

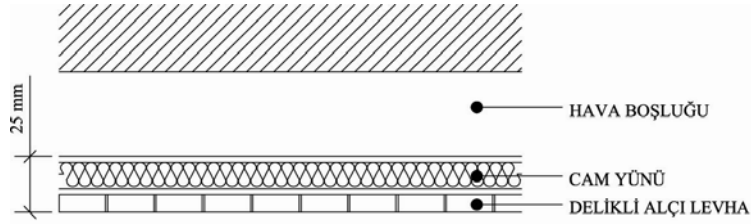
	Kaba Yoğunluğu kg/m³	Porozite σ
İnce cam elyafı (lif çapı 5-10 μm , lif uzunluğu 20-150 mm)	20-100	0.99-0.96
Eğrilebilir Cam Elyafı (lif çapı 5-15 μm , lif uzunluğu yaklaşık 3 m)	100-250	0.96-0.90
Cam Elyafı (lif çapı 20-30 μm , lif uzunluğu 3m'nin altında)	75-150	0.97-0.94
Mineral Elyafı (lif çapı 2-310 μm)	75-300	0.98-0.90
Bazalt yünü (lif çapı 2-10 μm)	100-250	0.96-0.91
Bitkisel liflerden yapılmış Elyaf levha	220	0.8
Poliüretan yumuşak köpük	25-35	0.97-0.91

Tablo 3-5: Çeşitli malzemelerin porozite oranları, (Özer, 1979)

İnorganik Gözenekli Malzemeler

Alçı: Alçı taşı, doğada bulunduğu şekli ve kimyasal adı ile Kalsiyum Sülfat dihidrat'tır ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Alçı hammaddesi ocaktan çıktıktan sonra kırılır, kurutulur, ince öğütücülerden geçer ve yapısındaki su buharlaştırılarak pişirilir. Alçı, asma tavan sistemlerinde; alçı döküm tavan, kartonlu alçı levha, akustik alçı levha şeklinde kullanılmaktadır.

Akustik alçı levha organik yapısı; alçı, su ve cam yünü karışımıdır. Alçı akustik levhaların yüzeyinde çapı 9-6 mm arasında değişen delikler vardır. Deliklerin yüzeye oranı % 15-% 20 arasındadır. Arka yüzü cam yününe açılan delik derinliği yaklaşık 1 cm'dir.

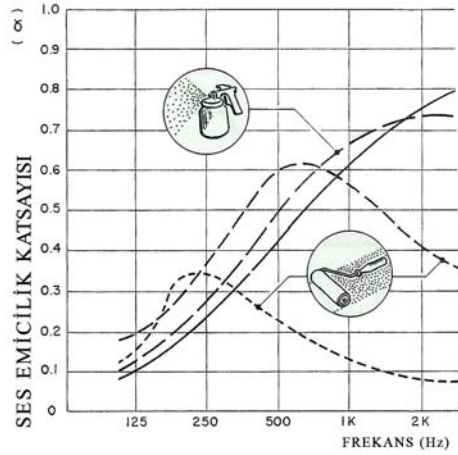


Şekil 3-10 : Alçı akustik levha detayı

Alçı akustik levhaların; eşit aralıklarla delikli, düz, kanallı, pürüzlü, gelişi güzel delinmiş yüzeyli değişik tipleri vardır.

Kartonlu alçı levhalar ($750-1000 \text{ kg/m}^3$) özel olarak üretilmiş iki kağıt katmanı arasında alçı iç dolgudan oluşmuş yapı ürünleridir. Kartonlu alçı levha iç dolgusu çeşitli kimyasal gereçler ve su ile karıştırılarak elde edilir.

Sistem, galvanizli çelikten üretilmiş profil ve askı takımları yardımıyla oluşturulan karkas sisteme alttan kartonlu alçı levhaların vidalanması ile yapılır. Ek yerleri özel bant ya da macunla kapatılarak düzgün bir yüzey elde edilir. Yerinde dökme alçı tavanlara göre çok daha hızlı ve kolay uygulanır.



Şekil 3-11: Gözenekli malzemenin akustik performansına etki eden boya uygulama şekilleri, (Doelle, 1972)

Kartonlu alçı levhaların boyutlarının döküm asma tavanlara göre ufak olmaları ve kolay titreşebilir şekilde tespit edilmeleri alçak frekanslar için yutuculuğu arttırır.

Poliüretan: Poliüretanlar genellikle doymuş bir polyester üzerine poli izosiyanat etkimesi ile elde edilirler. Bu iki madde çeşitli kabartıcılarla ekzotermik bir tepkimeye girerek, istenilen özellikte ve yapıda çok çeşitli poliüretanlar oluşturur. Poliüretanlar sert ya da elastik olarak; blok, film veya elyaf şeklinde üretilebilir.

Sprey poliüretan, metal konstrüksiyonlarda ya da sert yüzeylerde meydana gelen ses yayılım ve çınlamalarını önlemek için kullanılmaktadır. Poliüretan asma tavanlar, akustik amaçlarla da kullanılırlar. Ayrıca gürültüyü denetim altına alabilmek için yapılan yüzer döşemede de poliüretandan yararlanılmaktadır. Betonarme döşeme ile yüzer şap arasında dolgu malzemesi olarak konulmakta; ya da yüzer döşeme poliüretan ayak ya da yastıklar üzerinde yükseltilerek desteklenmektedir.



Resim 3-3 : Poliüretan levha örnekleri



Resim 3-4 : Ses Engelleyici-Yangın geciktirici vinil kılıflı



Resim 3-5: Dokuma ya da vinil 1-1/2'' kalınlığında, engelleyicinin çevresi boyunca dikilir ve yumuşak kenarlar oluşturur.



Resim 3-6 : Dikey askılı engelle sert PVC çerçeveyi kaplayan dokuma, net kare kenarlı engelleyiciler



Resim 3-7 : 2'' kalınlığında camyünü battaniye üzerindeki yelken bezi

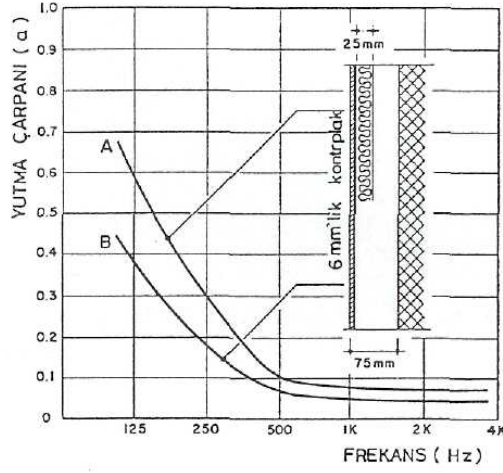
Organik Gözenekli Malzemeler

Ahşap: Hafif, gözenekli ahşap lifi levhaların özgül ağırlığı $230-400 \text{ kg/m}^3$ arasındadır. Kontrplak ($500-650 \text{ kg/m}^3$), sunta, MDF buna örnek verilebilir.

Gereç Ve Uygulama		125	250	500	1000	2000	4000
	25 mm ince lifli ahşap yünü levha+200 mm hava tabakası+50 mm gözenekli gereç	0.50	0.78	0.89	0.91	0.92	0.84
	25 mm kalın gözenekli levha+200 mm hava tabakası+50 mm gözenekli gereç	0.39	0.68	0.53	0.53	0.51	0.54

Tablo 3-6 : Ahşap Lif Tiplerine Göre Levhaların Yutma Çarpanları, (Mütevelliöglü, 1995)

Şekildeki grafikte 6 mm'lik kontrplak bir levhanın, arkasında 75 mm hava boşluğu olduğunda, gözenekli gereç olması ya da olmaması durumunda frekanslara göre ses yutma çarpanları gösterilmektedir. Gözenekli gerecin kullanılması, alçak frekanslar için yutuculuğu artırmıştır (Doelle, 1972).



Şekil 3-12 : 6 mm'lik kontrplak bir levha arkasında 75 mm hava boşluğu, (Doelle, 1972).

Mantar: Bitkisel kökenli, taneli iç yapıya sahip bir malzemedir. Doğal mantar veya meşe mantarı olarak tanınan bu malzeme bilinen en eski ses yalıtım malzemesidir. Mantar, mantar meşesi denilen bir cins ağacın kabuklarından elde edilir. Bu kabuk, içi hava dolu ve birbirleri ile ilişkisiz küçük hücrelerden oluşmuştur. Ağaçtan soyulan mantar şekilsiz kabuklar biçimindedir. Yapıda ve endüstride kullanılmaya hazır hale getirilebilmesi için; doğal mantar çeşitli boyutlarda kırılır, öğütülür ve yabancı maddelerden arındırılır. Daha sonra özel yöntemlerle kapalı kaplarda ısıtılarak hava hücrelerinin şişmesi sağlanarak genişletilir. Genleştirme sırasında bir bağlayıcı yardımıyla birbirlerine bağlanırlar. Sözü edilen bağlayıcı kendi doğal reçinesi, katran ya da kireç-kazein karışımı olabilir.

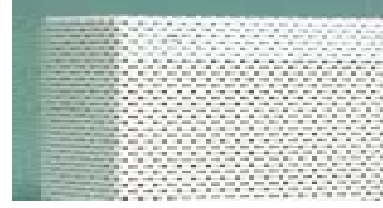
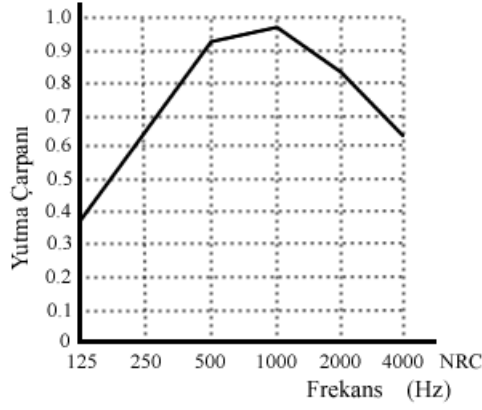
Elde edilen kütle istenilen kalınlık ve boyutlarda kesilerek yapıda kullanılır.

Yapıştırılması, çivilenmesi ve kesilmesi son derece kolaydır. Çürümeyen ve zor yanan bir malzemedir.

3.1.1.2.3 Diğer Malzemeler

Metaller: Yutucu malzeme olarak, genellikle alüminyum, çelik ya da alüminyum karışımları kullanılmaktadır. Çeşitli formlarda levha şeklinde imal edilebilmektedirler.

Alüminyum (2700 kg/m^3), Çelik (7800 kg/m^3)



Şekil 3-13: Gözenekli gereç+delikli metal levhann frekanslara göre yutma çarpanları (Haris, 1957)

Resim 3-8 : Yüksek dayanıklı toz boyalı perfore çelik ya da alüminyum paneller

Ses yutuculuğu, bu tip malzemelerin yüzeylerinde oluşturulan delik ve yivlerle sağlanmaktadır. Düz sac ya da ondüle şeklinde kullanılması durumunda arkada ses emici başka malzemeler ile desteklenmesi gerekmektedir. Çelik panoların yüzeylerinin galvanize etme, boya, vernik, lake edilmesi vb. yöntemlerle korunması gerekmektedir. Kalınlıklar 3/10 mm ile 1 mm arasında seçilmektedir. Genellikle 5/10 mm olarak tercih edilmektedir. Sandviç panellerde çeşitli malzemelerin bir arada kullanılması da mümkündür.



Resim 3-9 : Visko plastikle beraber metal levhaların yan yüzeylerde kullanılması. Uimper Tiyatrosu, İç mekan: Peutz ve ort, St Mercier

GEREÇ	FREKANS(Hz)					
	125	250	500	1000	2000	400
Beton	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
Düz alçı sıva	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
1.25 cm alçı levha (asma sistem)	0.15	0,10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kontrplak	0.28	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11
25 mm ince ahşap lif levha	0.25	0.33	0.50	0.65	0.65	0.70
50 mm ahşap lif levha	0.59	0.51	0.53	0.73	0.88	0.74
Taş yünü levha (yüzeyi düz)	0.23	0.17	0.12	0.16	0.16	0.15
Taş yünü levha (yüzeyi delikli)	0.45	0.66	0.69	0.77	0.90	0.90
Taş yünü levha (yüzeyi çizikli)	0.41	0.42	0.43	0.52	0.58	0.67
25 mm cam yünü (16 kg/m ³)	0.12	0.28	0.55	0.71	0.74	0.83
50 mm cam yünü (16 kg/m ³)	0.17	0.45	0.80	0.89	0.97	0.94
50 mm cam yünü (48 kg/m ³)	0.30	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00
Delikli metal levha (% 25 açık alan)	0.20	0.35	0.65	0.85	0.30	0.80
Kumaş (15 mm kalınlıkta keçe ile)	0.08	0.18	0.38	0.72	0.75	0.78
1.25 cm selüloz lifli sprej sıva	0.08	0.29	0.75	0.98	0.93	0.76
2.50 cm açık gözenekli poliüretan	0.07	0.11	0.20	0.32	0.60	0.85
4 mm cam	0.30	0.20	0.10	0.07	0.05	0.02
Tavandan 30 cm aşağıya asılmış	0.10	0-29	0.62	1.12	1.33	1.38

Tablo 3-7 : Değişik Yapı Malzemelerinin Yutuculuk Çarpanları, (Mütevellioglu, 1995)

3.1.1.3 Ses Yutucu Malzemelerin Mekan İçinde Kullanımı

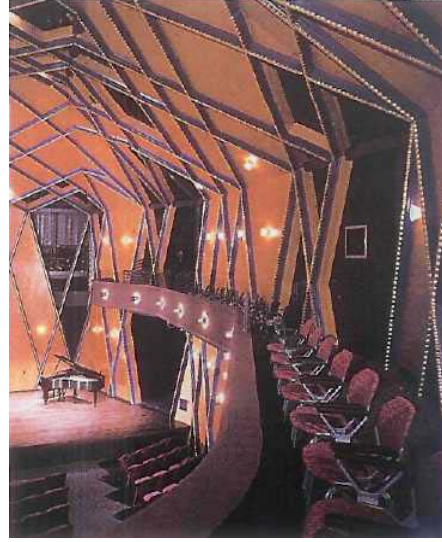
Yutucu malzemelerin mekan içinde kullanımı, prekast/prefabrike akustik ürünler, halı ve kumaşlar, akustik yalıtım örtüleri, rezonatörlerin kullanılması, mekan ve insan yutuculuğu ile olur.

3.1.1.3.1 Prefabrike / Prekast Akustik Birimler

Bu birimler, akustik direnci yüksek olan, sıkıştırılmış, genellikle elyaf malzeme liflerinin meydana getirdiği, içinde kullanıldığı mekanda asılarak ya da yüzeylere

monte edilerek kullanılan bağımsız nitelikteki pano tipleridir. Duvar kaplaması ya da asma tavan üniteleri olarak da kullanılırlar. Taneli ve çukurlu görünümlere sahiptirler ve yapı malzemesi olarak üç ana grupta toplanabilirler:

- İnce agregalı ve mineral donatılı çimento ile hazırlanmış yüzeyler,
- İnce agregalı ve kireç ya da alçı bağlayıcı ile hazırlanmış yüzeyler,
- Yanmaz matris malzemeli bitkisel ya da metalik lif donatı ile hazırlanmış yüzeyler,



Resim 3-10 : Walsh Kültür Merkezi, Texas Christian Üniversitesi Fort Worth, Teksas ; Mimar: Malcom Holzman, Nestor Bottino

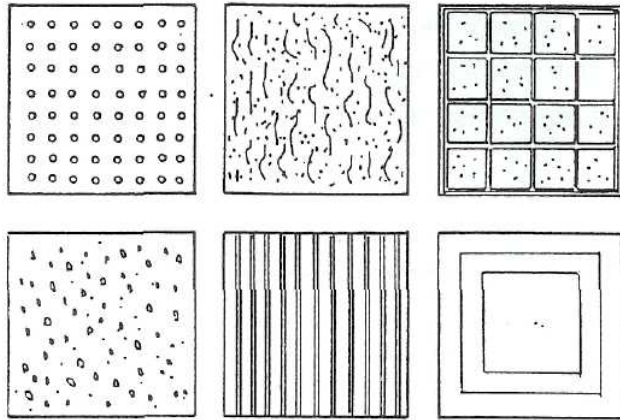
Bu bağımsız birimler malzeme niteliklerine göre çeşitli ses yutuculuk katsayılarına sahiptirler. Yutuculuk katsayısını etkileyen faktörler şunlardır:

- Çeşitli liflerle bağlayıcı bir maddenin oluşumundan meydana gelen malzemeler büyük frekanslarda yüksek yutuculuk katsayılarına sahiptir.
- Birimlerin kalınlıklarının ve porozite değerlerinin yüksek olması sesin yutulmasında önemli yer tutmaktadır.



Resim 3-11 : Alçı eko kontrol odaları ve bölümlendirmeleri, Lucerne Kongre Merkezi, Konser Salonu , Mimar: AJN, Akustik proje: Russel Johnson Artec

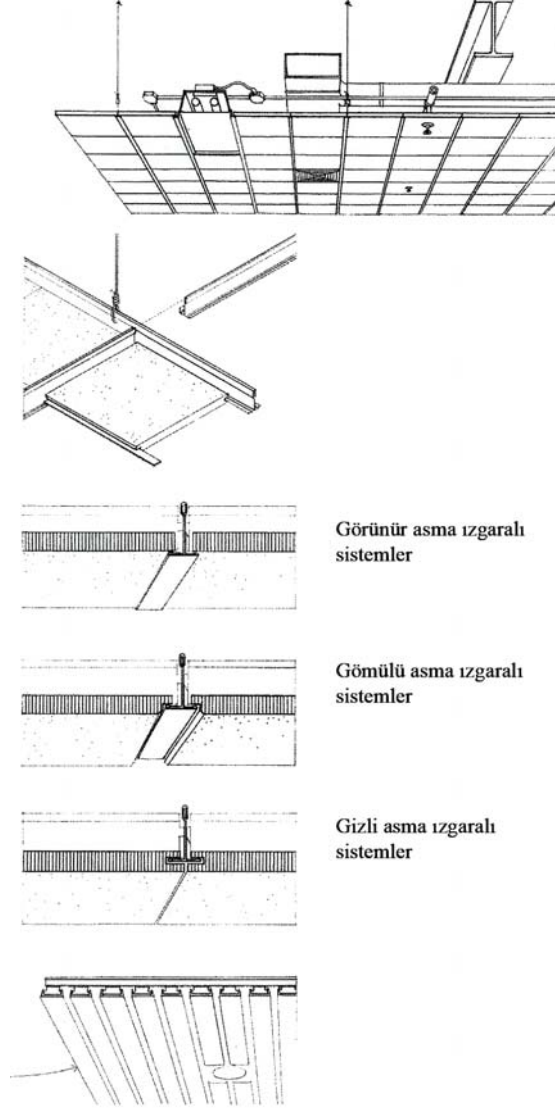
Üretim esnasında yüzeyde yapılan yivler ve oluklarla, yutuculuk niteliklerin artması sağlanır. Frekans artıkça yutuculuk artar. Alçak frekanslarda yüksek yutuculuk elde etmek için akustik direnci az, kalınlığı fazla olan bir malzeme kullanılmalıdır.



Şekil 3-14 : Alçı akustik levha yüzey tipleri (Mütevelliöğlu, 1995)

Alçı akustik tavan birimleri çeşitli yüzey tiplerinde ve formlarda imal edilir. Yüzeyin şekli ses yutuculuğu etkiler.

Prefabrike/prekast ürünler bir çok uygulama şekli ile monte edilirler. Bu uygulama tiplerinde bazıları aşağıda gösterildiği şekildedir.



Şekil 3-15: Akustik asma tavanların uygulama şekilleri, (Ching, Adams, 2006)

Porozite oranı yüksek, ahşap, metalik ya da sentetik nitelikteki yutucu malzemelerin üzerine delikler açılmış ya da ince levhalarla kaplanmış akustik ünitelerdir. Bu kaplamalar, ayrıca alçak frekanslarda yutuculuk katsayısının yükselmesini sağlarken, yüksek frekanslarda düşme meydana getirirler. Boyanma imkanı olabilenler yanmaya ve rutubete karşı dayanıklıdır.



Resim 3-12: Alçı kübik hacimler, kabuk, Lafarge. Opéra, Lyon, Mimar: J.Nouvelle, Cattani & Ort. Akustik Proje: Peutz & Ass.,



Resim 3-13: Delikli metal saç cilalı panolar Mimar: Equinoxe, Chateauroux. Akustik proje: G. Noël, Akustik Proje



Resim 3-14 : Ahşap balkon ve yüzeyler; Glyndebourne Operası, Mimar: Anthony Hopkins



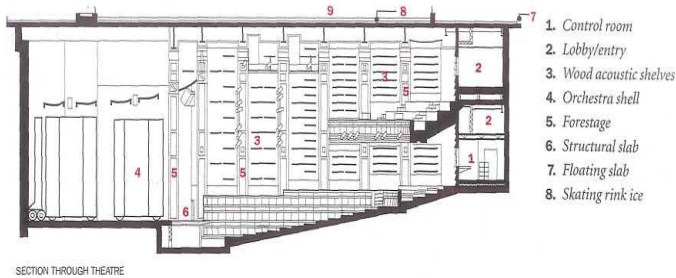
Resim 3-15 : İnce alçı malzemede çeşitlendirmeler; Fransa Radyosu Studio 104, Mimar: Henri Bernard

3.1.1.3.2 Halı ve Kumaşlar

Döşeme ve iç mekânlarda dekorasyon amaçlı kullanılan elemanlar, geleneksel rolleri dışında çok amaçlı kullanım alanları bulmaktadır. Akustik amaçlı kullanımda, mekândaki hava doğuşlu ses ve gürültüleri emerek indirger; darbe seslerini neredeyse yok eder. Özellikle alçak frekansları yüksek derecede yutuculuk özelliği göstermekte olup, çökmeye karşı eğilimli olduğundan perde amaçlı kullanımlarda kısa aralıklarla uygulanır. Serbest olarak asılı ya da bir çerçeveye gerili olarak kullanılması mümkündür. Organik ahşap ve tekstil esaslı malzemelerin yanı sıra yüzer döşeme olarak camyünü ve taş yünü kullanılmaktadır.



Resim 3-16 : The Vilar Sanat Merkezi, Mimar: Hardy Holzman Pfeiffer Ortakları, Akustik Proje: Ron Mckay, 1998, ABD



The Vilar Sanat Merkezi, Boyuna kesit

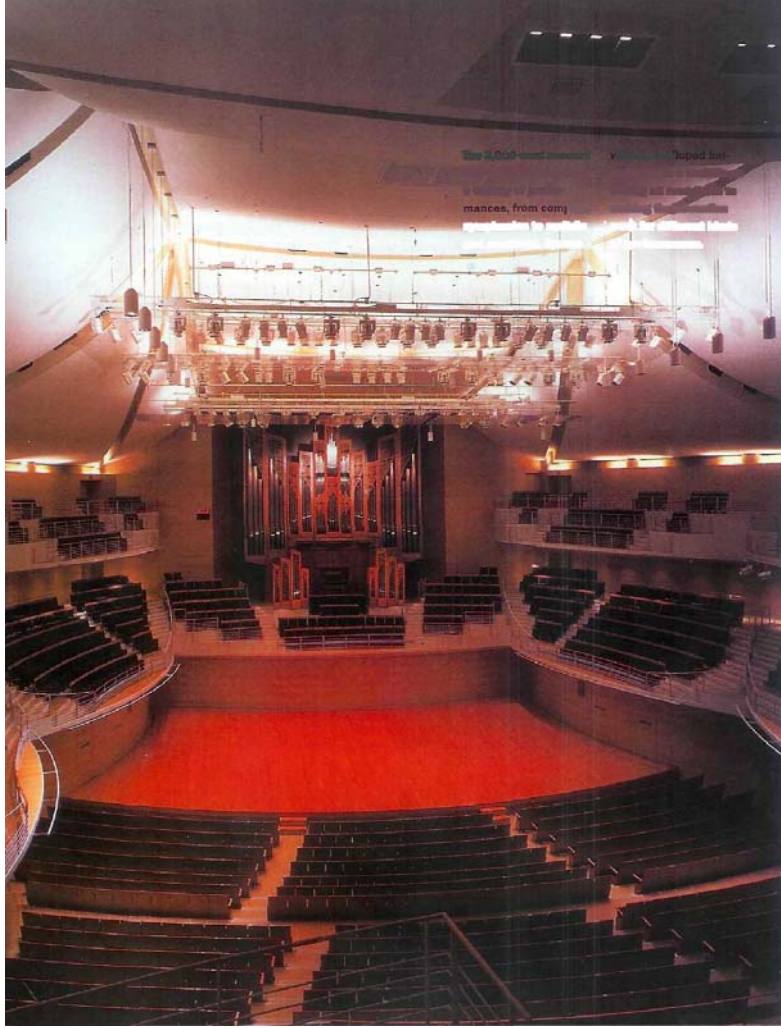


Resim 3-17: Prince Consort Restoran, Softroom, 2003, The Royal Albert Hall, Londra

Yukarda görülen örnekte, duvarlar mekan içindeki konuşma kaynaklı gürültünün azaltılması amacı ile kumaşla kaplı, kesikli eğrisel yüzeyler kullanılmıştır.

3.1.1.3.3 Akustik Yalıtım Örtüleri

Elyaf esaslı olan bu tip malzemeler, cam yünü, taş yünü, cam lifi, kıl, keçe vs.'den oluşturulup yumuşak hasır örtü şeklinde uygulanmalarının yanı sıra bağlayıcı maddeler ile sıkıştırılmış paneller şeklinde olabilmektedir. Kalınlıkları 25 mm ile 125 mm arasında değişen ve düşük frekanslarda yutuculuk katsayısının yüksek olduğu malzemelerdir. Bu grup içinde yer alması gereken diğer uygulama alanları ise akustik sıvalar ve spreyci püskürtücülerdir. Akustik sıvalar; alçı, çimento veya kireç gibi birleştirici maddelerden agregalı ya da agregasız olarak oluşturulabildikleri gibi sıkıştırılmış liflerle püskürtülerek de kullanılabilirler. Genellikle eğrisel yüzeylerde kullanılırlar; temel amaç gürültünün indirgenmesi sağlanmasıdır.

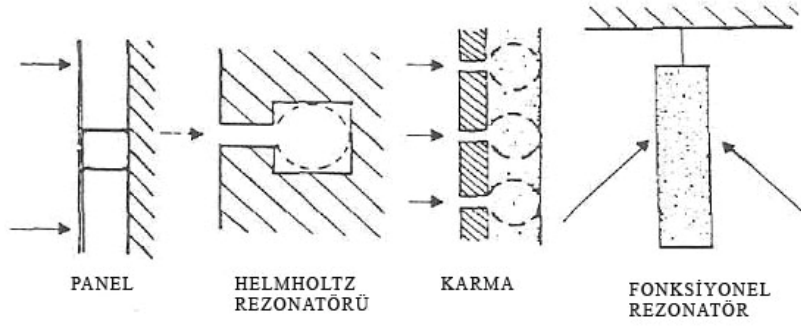


Resim 3-18 : Niigata Performans Sanatları Merkezi, Niigata, Japonya, mimar Itsuko Hasegawa (1998)

Niigata performans sanatları merkezinde akustik yalıtım örtüsü, çeşitli işlevlere hizmet edecek akustik gereklilikleri oluşturmak amacı ile bir mekanizma ile kullanılmıştır.

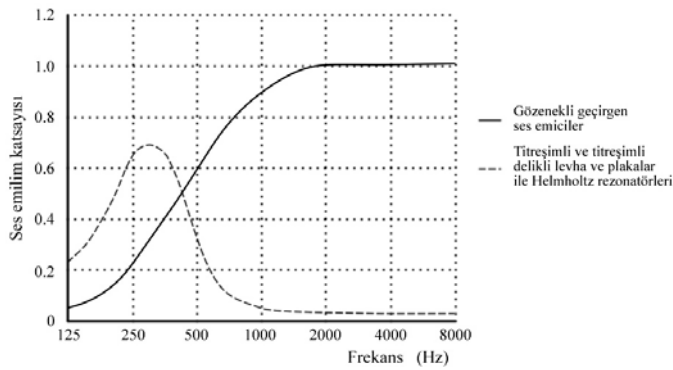
3.1.1.3.4 Rezonatörler

Rijit duvarlar, kapalı gövdeleri içinde hava boşluğu bulundururlar; dar açıklık ile çevrelerini saran boşluğa bağlanan ve bunun içinde ses dalgalarının ilerlediği ses yutucularıdır. Bu boşluk rezonatörü, düşük frekans bandının dar bölgesi içindeki ses enerjisinin yutar. Üç grupta incelenir:



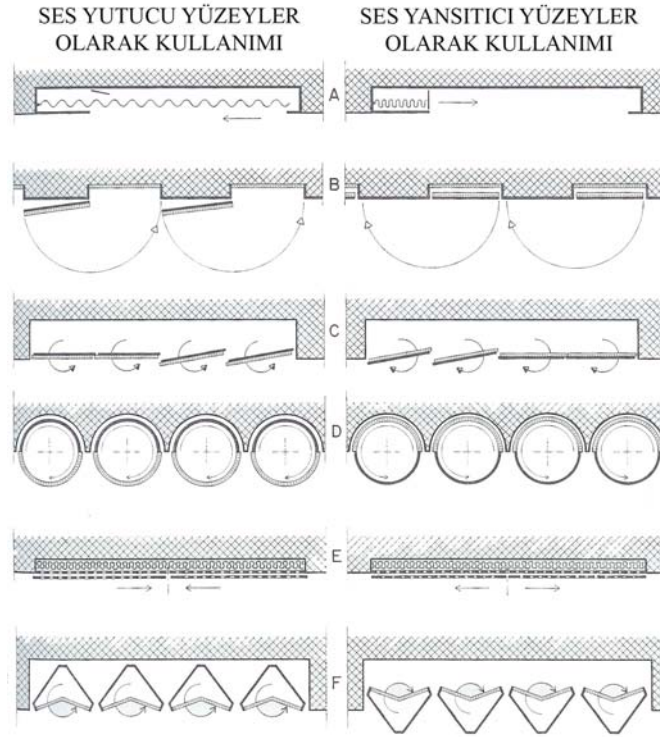
Şekil 3-16 : Rezonatör tipleri (Budak, 1994)

- Bireysel Üniteler: Standart blokların düzgün beton karışımları olup, yarık şeklinde boşluklar içeren ses kutusu birimleri olarak adlandırılır ve boşluk rezonatörün bir versiyonudur. Ekstra bir ses yutuculuk yüzeyi uygulaması ihtiyacını yok ettikleri gibi, sesin reverberasyon kontrolünü ekonomik olarak sağlarlar. Maksimum ses yutuculukları düşük frekanslarda olup, yüksek frekanslarda ses emilme katsayısı azalmaktadır.
- Delikli Panel Rezonatörler: Sert bir arkalıktan bir miktar uzağa yerleştirilen delikli paneller, boşluklu rezonatör prensibinin pratik uygulamasında geniş olarak kullanılır. Panelin delikli olmasını sağlayan pek çok boyundan oluşur. Delikler genellikle dairesel, bazen yarıklar şeklindedir. Rezonatörün bütün gövdesini, delikler arkasındaki hava boşluğu oluşturur. Delikli panel rezonatörleri, tek delikli rezonatörler gibi seçici yutuculuk sağlamaz.



Şekil 3-17: Gözenekli malzeme ve Helmholtz rezonatörlerinin ses yutma dereceleri, (Özer, 1979)

- Yarı rezonatörler: Oditoryum tasarımında pahalı olmayan izolasyon örtüleri seçildiğinde, aşınmaya dayanıklı olmaz; bu malzemenin dekoratif korumacı bir yüzey uygulamasıyla kullanılabilir hale getirilir. Bu uygulama, nispeten dar en kesite ve belli bir hava boşluğuna sahip yüzey uygulamalarına izin verir.



Şekil 3-18 : Çok amaçlı (yutucu veya yansıtıcı) malzeme örnekleri (Reverberasyon süresinde belirgin farklılıkları mümkün kılan, çok amaçlı düzenekler), (Doelle, 1972)

3.1.1.3.5 Mekan Yutucuları

Aynı mekanın değişik kullanımları, farklı reverberasyon sürelerini gerektirmektedir. Sesin özellikli kullanımını gerektirecek stüdyo ve konser alanlarında, gerektiğinde reverberasyon süresindeki belirgin farklılıkları ortaya çıkarmayı sağlayacak uygulamaların kullanılması gerekmektedir.

Farklı veya aynı türdeki malzemelerin parçalı ya da çubuk şeklindeki uygulamaları verimli olmalarına rağmen, montajının ekonomik olmaması nedeniyle tercih sebebi değildir. Bu tip uygulamaların köşelere yakın kullanılması, sesin bu noktalarda doğuracağı sorunları azaltmaktadır.

Ses düzeydeki artışın önlenmesi amacı ile, aşağıda yer alan örneklerde sesin yutulması mekan içinde asılı panolar ile sağlanmıştır.



Resim 3-19: Ofislerde kullanılan mekan yutucuları

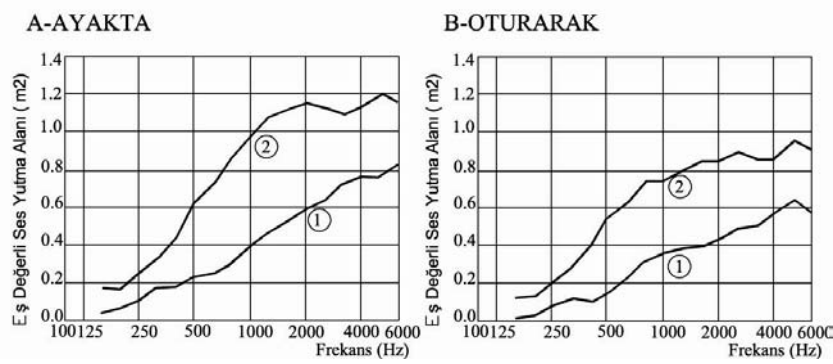


Resim 3-20 : Lucille Performans Sanatları Merkezi: Ahşap Esaslı Kanopileri, Kuzey Teksas Üniversitesi, Mimar Hardy Holzman Pfeiffer, Robert Almodovar, 1999, ABD

3.1.1.3.6 İnsanın Mekan İçindeki Yutuculuğu

Mekan içinde bulunan insan toplulukları, toplam ses yutuculuğuna etki etmektedir. Ses yutuculuk özelliği, insanların üzerinde bulunan giysiler ve toplulukların mekanı doldurma yoğunluklarına bağlıdır. Bu nedenlerden dolayı söz konusu değerler önceden hesaplanması oldukça zordur.

Mekan içinde bulunan insan topluluklarının, toplam yutuculuğa eklenmesinin yanı sıra oturarak ya da ayakta bulunmalarına bağlı olarak, mekanın yüzeylerini kapatmaları gibi bir durum söz konusu olmaktadır. Buna bağlı olarak mekan içindeki koltuk gibi çeşitli yüzeylerin yutuculuk alanları azalmaktadır.



Şekil 3-19: Mekandaki insanların frekanslara göre yutuculuk katsayıları, (Özer, 1979)

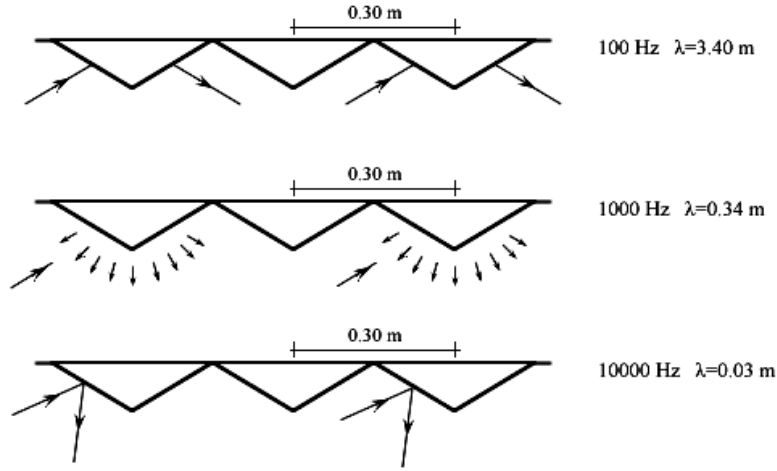
Mekan içinde kişi başına 6 m² düşmesi durumunda, ayakta ve oturma konumlarında farklı yutuculuk değerleri söz konusudur. Giysi yutuculuk değerinde önemli bir faktör olmaktadır. Buna göre belirtilen grafikte, yazlık giysiler içindeki kadın 1 olarak, takım elbiseli erkek ise 2 olarak tanımlanmıştır.

3.1.2 Ses Yansıtıcı Malzemeler

Ses enerjisi hacim içinde yayılırken duvar, döşeme vb. yapı elemanlarına rastlar: Çeşitli yüzeylerde bu enerjinin bir kısmı yutulurken, bir kısmı öteki tarafa geçer ve bir kısmı da yüzey tarafından yansıtılır. Ses düzeyinin artırılması gereken durumlarda, yansıma ile ek bir ses kaynağı oluşturulabilir. Ses yansıtıcı malzemeler, bu gibi durumlarda hacim akustiği açısından büyük öneme sahiptirler.

3.1.2.1 Ses Yansıtıcı Malzemelerin Tanımı ve Özellikleri

Malzemenin gelen sesin ne kadarını yansıttığı, ses yutma katsayısı ile belirlenir. Bu katsayı, malzeme üzerine düşen ses enerjisi ile malzeme tarafından yansıtılmayan ses enerjisi arasındaki orandır. Gelen sesin hepsini yansıtan bir malzemede ses yutma katsayısı 0'dır. Hepsini yutan bir malzemede bu değer, 1'dir. Ses yutma katsayısı malzeme için sabit bir değer olmasına rağmen, her malzemede gelen sesin frekansına bağlı olarak değişik değerler verir. Yansıtma özelliği de yutma katsayısı ve frekanslara göre malzemenin davranışı karşısında değişim gösterebilmektedir.



Şekil 3-20: Yüzey düzensizlikleri, Sesin yansımaya ilişkisi, (Akın, Şerefhanoglu, 1998)

Gelen sesin dalga boyu ile sesin çarptığı yüzeyin girinti ve çıkıntıları yansımayı etkiler. Yansıtma, ışıktaki olduğu gibi düzgün ve yayınık olabilir. Yansıtıcı yüzeyin düzensizliklerinin boyutları, sesin dalga boyundan büyükse yayınık yansıtma, küçükse düzgün yansıtma gerçekleşir.

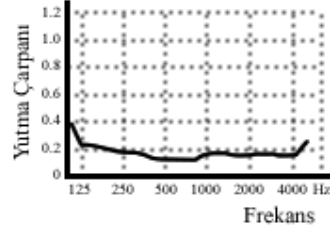
Sesin dalga boyu 0,02 ile 20 m arasında değişmektedir. Mimaride kullanılan yapı elemanlarının da boyutları çok çeşitli olmasından dolayı, değişik yüzeylerdeki yansımalar çok çeşitli olabilmektedir.

3.1.2.2 Ses Yansıtıcı Malzemelerin Sınıflandırılması

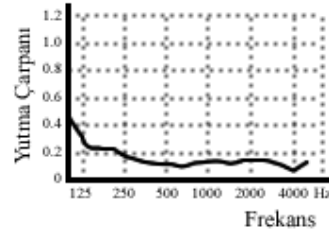
Ses yansıtıcı malzemeler yapılarına göre elyaf esaslı, gözenekli ve plastik esaslı malzemeler olarak üç grupta incelenir.

3.1.2.2.1 Elyaf Malzemeler

Sert Lif Levhalar: Mineral ya da ahşap liflerin bağlayıcı bir gerecin ilavesiyle levhalar şeklinde sıkıştırılması ile elde edilir. Yoğunlukları 450-750 kg/m³ arası değişim göstermektedir. Yüksek derecede sıkıştırılmış bu gereçlerin gözeneklilik özelliği azalır. Yüksek akış dirençli (örneğin sert lif levha paneller) yüksek derecede sıkıştırılmış malzemeler her zaman düşük yutmaya sahiptirler. 1 cm'den kalın tabakaların herhangi bir etkisi yoktur.



Şekil 3-21 : Deliksiz, pürüzsüz, sade düz yüzeyle mineral lif levha, (Mütevellioglu, 1995)



Şekil 3-22 : Hafif pürüzlü, sıva benzeri yüzeyle mineral lif levha, (Mütevellioglu, 1995)

Genleştirilmiş Cam (Cam köpüğü): Mineral kökenli, camın kontrollü olarak köpürtülmesiyle elde edilen bir malzemedir. İçine kömür tozu ilave edilmiş cam yumuşayınca kadar ısıtılır. Isı nedeniyle kömür gaz çıkarmaya başlayınca, madde,

tamamen kapalı cam hücreleri haline gelir. Soğutulan bu madde rijit, yalıtkan bir madde olmasının yanı sıra; hafif, yanmaz ve şeklini koruyan bir yapıya sahiptir. Isıya dayanıklı olduğu gibi asitlere ve asit buharlarına karşı dirençli, sıvı ve gazlara karşı da geçirimsizdir. Yutuculuk katsayıları düşüktür.

3.1.2.2.2 Gözenekli Malzemeler

Portland Çimentosu: Kireç, alümin, demir oksit ve silis bileşimli hammaddelerin uygun oranda karıştırılıp; yüksek sıcaklıkta, sinterleşmeye kadar pişirilmeleri sonucu elde edilen klinkerin öğütülmesiyle ortaya çıkan bağlayıcıdır. İngiliz (BS 12: 1978) ve Amerikan Standartlarının (ASTM C 150-84) Portland Çimentosu tanımlarında da alçı taşı, su ve öğütme yardımcısı maddeler dışında hiçbir maddenin katkı olarak kullanılamayacağı belirtilmiştir.

Bitkisel ve madeni liflerle beraber, mekan içinde eğrilikli yüzeylerin oluşturulması amacıyla kullanılabilir. Yutuculuk katsayısı düşük olup, yansıtıcı da bir malzemedir.

Alçı Döküm Tavan: Alçı döküm tavanlarda, levhalar büyük boyutlarda olduğunda, ses dalgaların levhayı titreştirmesi zorlaşır ve sonuçta yutuculuk az olur. Bu nedenle alçı döküm tavanlar ses yansıtıcı özelliği taşırlar.

3.1.2.2.3 Diğer Malzemeler

Pleksiglas: Pleksiglas, plastik esaslı bir malzemedir. Yoğunluğu 1200 kg/m³tür. Pleksiglastan oluşturulmuş levhalar, titreşen levha özelliği gösterirler. Ayrıca, ışıklı tavanlar oluşturularak hacmin aydınlatmasında kullanılabilirler.

PVC: Termoplastik bağlayıcı vinil klorür polimeri veya kopolimeri ile değişik dolgu maddeleri ve pigmentler kullanılarak yapılan, düzgün yüzeyli kare, dikdörtgen veya levha biçiminde, genellikle bina döşemelerinde kullanılan bir yapı malzemesidir

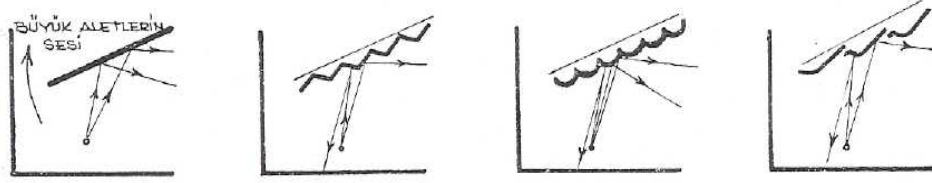
Yapıları gereği gözeneksiz olan metal ve cam malzemeler, mekan içindeki uygulama şekillerine bağlı olarak yansıtıcı olarak kullanılabilir.

3.1.2.3 Ses Yansıtıcı Malzemelerin Mekan İçinde Kullanımı

Mekan içinde, yüksek yansıtıcı özellikli yüzeyler kullanılması ses düzeyini etkiler. Kaynaktan çıkan sesin, direkt yayılmasının yanı sıra yansımalar ile ortamın ses düzeyini artırması mümkündür. Kaynağın güçlendirilmesinin istendiği durumlarda yansıtıcı yüzeyler olumlu karşılanmaktadır. Mekan içinde hem plan düzleminde hem de kesitte yansıtıcı yüzeylerin kullanılması ve tavanın çok yüksek olması, sesin kaynaktan çıkarak salona ve dinleyicilere daha rahat ulaşabilmesini sağlamaktadır.

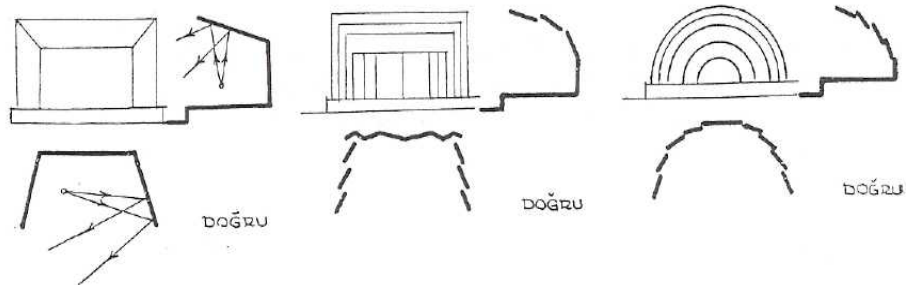
3.1.2.3.1 Dalgalı ve Zig zag yüzeyler

Dalgalı ve zig zag yüzeyler, sesin yansımaları amacıyla odaklanmanın ya da dağılmış bir yansımaların oluşturulmasında etkili olan formlardır.



Şekil 3-23 : Çeşitli formlarda sahne kabukları (Baytın, 1963)

Dairesel formlarda oluşturulan yüzeyler, yansıyan sesleri dağıtma ya da odaklanmayı önleyerek fısıldayan galeri gibi akustik hatalara mani olmaktadır. Dalgalı yüzeylerde irili ufaklı çıkıntılar ve yivler meydana getirilmesiyle akustik sorunlar kısmen azaltılmış olur ve bu şekilde ideal olan şema ortaya çıkabilir.

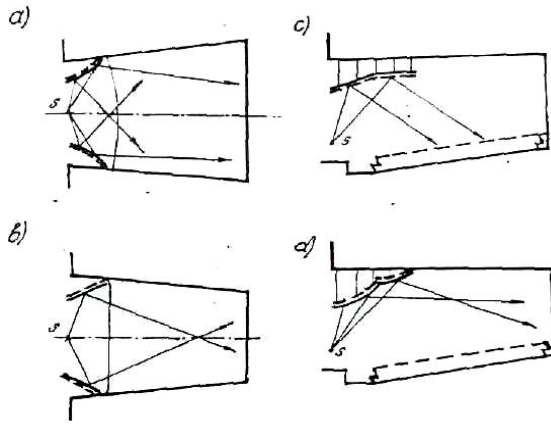


Şekil 3-24 : Yansımayı sağlayacak şekilde çeşitli sahne evi formları (Baytın, 1963)



Resim 3-21 : The Brasserie – Dalga yüzeylerin mekan içinde kullanımı, Mimar: Diller ve Scofidio, 2000, New York

Dairesel formlu mekanlarda sesin doğru tanzimi için asma tavan yerine ters küre bir form kullanılabilir. Böylelikle sesin üniform olarak dinleyicilere ulaşması sağlanır. Bu tipteki uygulama için seçilen malzeme yansıtma niteliğini barındırmalıdır. Hazırlanacak bu formun inşa zorluğu nedeniyle, kullanılacak yapısal özelliğe sahip malzemeler, lif donatılı alçı ya da çimento olabileceği gibi, tabakalı lamine kompozitler de kullanılabilir.

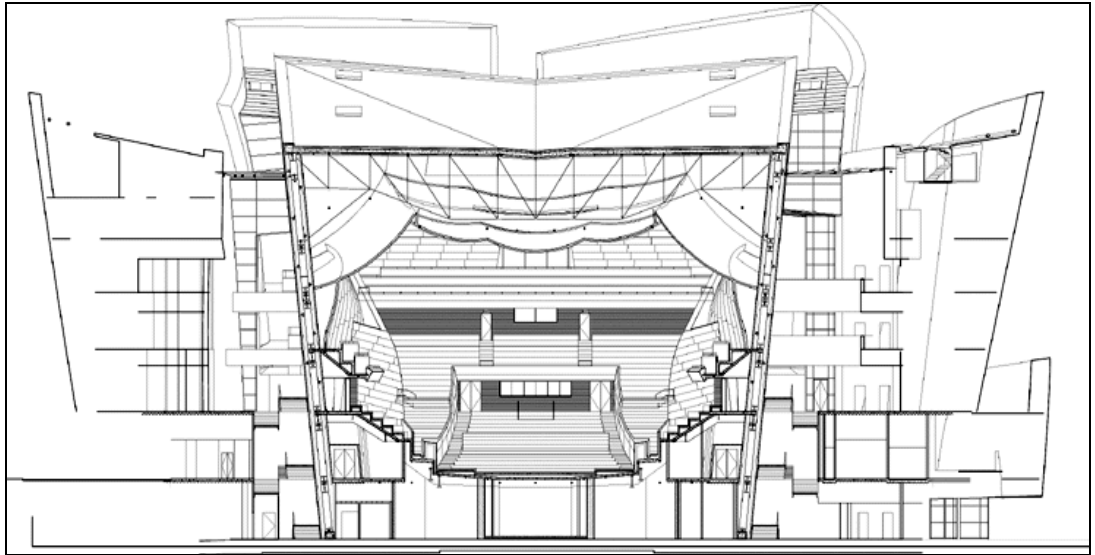


Şekil 3-25: Sabit ve hareketli yansıtıcılar – a, b) Kenar yansıtıcılar - c,d) Yukarı yansıtıcılar (Abdülrahim, 1993)



Resim 3-22 : Walt Disney Konser Salonu, Mimar Frank Gehry, 2003, Los Angeles

Walt Disney konser salonunda, sesi yansıtması amacıyla, dalgalı ve zig zag formlu bir tavanın oluşturulduğu gözlemlenmiştir. Tavan imalatı esnasında, alçı ve tabakalı ahşap kompozit malzemeler kullanılmıştır.



Şekil 3-26 : Walt Disney Konser Salonu, En kesit, Mimar Frank Gehry, 2003, Los Angeles

3.1.2.3.2 Petek Yüzeyler

Dairesel formda oluşturulmuş mekanların odaklanma sorunları ve sesin istenmeyen yansımaları önlemek amacıyla, yüzeyler üzerinde çeşitli çözümler geliştirilmiştir. Örnekte görüldüğü üzere, barok tarzda oluşturulan localar, sesin yansımalarına engel olacak şekilde petek yüzeyleri oluşturmaktadır. Bu yüzeyi oluşturmak için strüktürün yanı sıra, duvar yüzeyinde oluşturulan form ya da kaplamalar kullanılmıştır.



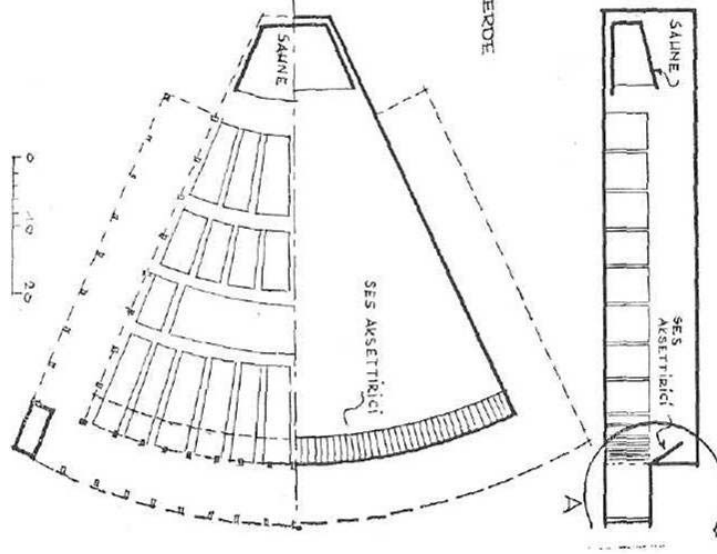
Resim 3-23 : La Scala Tiyatrosu, 1830, Milano

Petek yüzey oluşturmak amacı ile sesin yutulmasına imkan verecek boşluklu malzemeden oluşturulan prefabrikte üniteler kullanılabilir. Aşağıda görülen örnekte tabakalı ahşap malzeme kullanılmış olup, malzemenin niteliği ile beraber yüzeyin yapısı da ses dağıtıcı görevi görmektedir.



Resim 3-24 : Ahşap bazlı petek yüzeyli ses dağıtıcısı

3.1.2.3.3 Mekansal Ses Yansıtıcıları (Asılı Panolar)



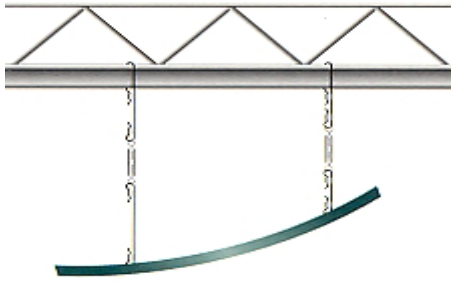
Şekil 3-27: Berkshire Senfonik Konser Salonu, Mimar Eliel Saarinen, 1949, Tanglewood

Düz Yüzeyler: Mekanda asılı pano yansıtıcılar, akustik konforun ön planda olduğu alanlarda yansıtma amacıyla kullanılmaktadırlar. Bu tip levhalar sıkıştırılmış olup, akustik direnci yüksek ve yutuculuk katsayıları düşüktür. 1cm'den kalın olmaları gerekmektedir. Alçak frekanslar için akustik direnci yüksek, ince olarak teşkil edilmelidir. Porozite oranı yüksek olmasına rağmen akustik direnci fazla olan sentetik köpük malzemeler de kullanılabilir.



Resim 3-25 : Düzgün yüzeyli asılı panoların salon içinde kullanımı

Paraboloidal (Çift eğrilikli) Yüzeyler: Akustik konforun ön planda olduğu özelleşmiş mekanlarda yansıtıcı amaçlı kullanılan dış bükey yüzeylerdir. Çift eğrilikli olmaları yatayda ve dikey düzlemlerde sesin dağılarak yayılmasına neden olmaktadır. Sesi yutma özelliği olan malzemelerin kullanımından kaçınılması gerekmektedir. Cam yünü ya da cam lifi katmanlardan oluşan bu tip yüzlerin üst katmanı yangın geciktirici kaplamalar ile örtülebilmektedir.



Şekil 3-28 : Cam lifi içerikli kompozit sistem ile tek düzlemde yansıtma yapabilen levhalar (birimler)

3.1.2.3.4 Geometrik Ses Dağıtıcılar

Tavandan dinleyicilere yansıyan sesin zamanlamasını ve şiddetini geliştirirken, hacmin istenen reverberasyon karakteristiklerinin devam ettirilmesinde kullanılırlar.



Resim 3-26 : Cam lifi esaslı ses dağıtıcı



Resim 3-27 : Poliüretan esaslı ses dağıtıcı

Ses yansımaları, dinleme hacmi boyunca rasgele dağıtmaları ile oda akustiğini geliştirir. Mineral lifi , ince cam veya sert ahşap lifli levha olarak imal edilir. Üst katman olarak cila ya da isteğe bağlı olarak dokuma ya da boya kaplama kullanılabilir

3.2 Ses Kontrolünün Malzeme ve Ses Mekan İlişkisi Bağlamında İç Mekanda İrdelenmesi

Yapı fiziği açısından mekan içindeki işitsel konforun sağlanması amacıyla, ses kaynağının şiddeti, ses düzeyleri ve frekanslarının bilinmesi gerekmektedir. Mekan içinde kullanılan yapı malzemelerinin ses yutuculuk değerleri, kitle ağırlığına bağlı olarak ses geçirimsizliklerinin bilinmesi işitsel konforun sağlanması için ilk adımı oluşturmaktadır. Mekanın işlevine bağlı olarak istenen ses düzeylerinin araştırılması ve buna bağlı olarak malzeme seçiminin yapılması tercih edilmelidir.

3.2.1 Farklı Nitelikteki Toplanma Mekanlarında Uygulama Şekilleri

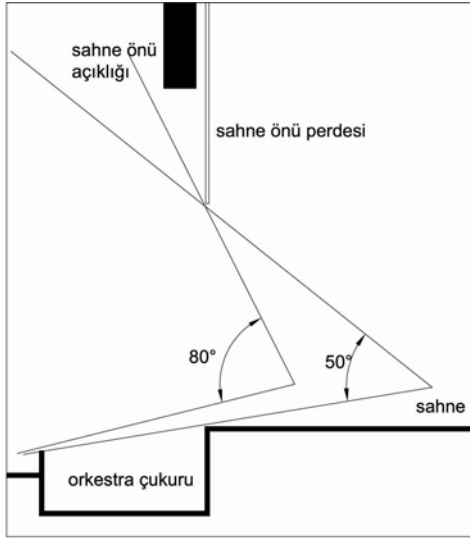
Hacim içindeki işitsel konforun önemli etkenlerinden biri olan reverberasyon süresi toplam yutuculuk ile bağlantılıdır. Tasarımda, toplam yutuculuğa etken olan hacmin yüzeyleri, hacim içindeki elemanlar ve insan toplulukları olarak düşünülmelidir. İnsan unsurunun ön planda olduğu hacimlerde akustik kriterlerde, topluluklara bağlı olarak değişimler oluşmaktadır. Buna bağlı olarak, farklı nitelikteki toplanma alanları konser, opera, tiyatro, konferans ve toplantı salonları başlıkları altında incelenmektedir.

3.2.1.1 Konser Salonları

Konser salonları, kullanımına bağlı olarak opera ya da tiyatro salonlarından farklı akustik düzenlemeleri içerirler. Konser salonlarında sesin istenen kalite yayılması için, mekan içindeki yüzeylerin, sahnenin, dinleyici yerleşiminin ve oturma alanlarının etkisi önemlidir.

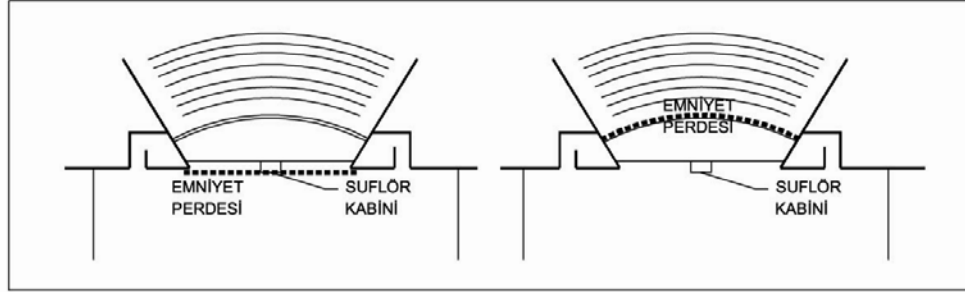
Sahne Planlaması

İzleyici ile oyuncu arasındaki ilişkide sahnenin rolü çok büyüktür. Sesin sahne gerisine dağılması engellenerek izleyiciye iletilmesi gerekmektedir. Sahnenin yüksek yansıtıcılık özeliğinde olması sahnede bulunan kişinin salon içindeki seyirciye sesinin daha rahat ulaşabilmesinde önemlidir. Sahnenin dinleyiciye göre kotu, hacim içindeki toplam ses düzeyini etkilemektedir. Dinleyici ile aynı kottaki ses kaynağından çıkan ses ışınlarının arkaya doğru ilerlemesi, önde bulunan dinleyiciler tarafından yutulurak büyük oranda azalmaktadır. Sahne kotunun yükselmesi halinde, dolaysız ses, yeğinliğini daha az kaybederek arkada bulunan dinleyicilere ulaşır.



Şekil 3-29: Sahne planlanmasında ön sahne açıklığının rolü (Beranek, 1962)

Perde önü açıklığı ya da sahne genişliği salonun boyutlarına bağlıdır. Salon içinde bulunan loca ya da balkonların görüş çizgisi göz önüne alınarak genişlik ve yükseklik belirlenir. Birden fazla balkon olması durumunda yüksek perde açıklığına ihtiyaç duyulmaktadır. Daha yüksek bir perde açıklığına gerek duyulduğunda, strüktürel ön sahne açıklığının salon tavanına yaklaştırılması; bazen de bunun tersi, salonun daha esnek kullanımını sağlar. Açıklığın yüksekliği ile sahne kulesinin yüksekliği arasında doğru bir orantı bulunduğu bilinmelidir.



Şekil 3-30 : Güvenlik perdesinin sahne üzerindeki iki farklı konumu (Beranek, 1962)

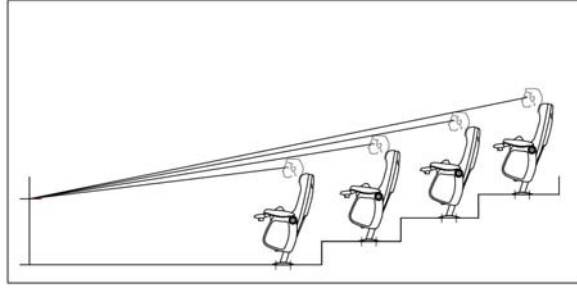
Oturma Alanına Yönelik Tasarım

Koltukların yerleşimi, güvenlik ve dinleyici konforu gibi faktörleri belirler. Ayrıca, salon içindeki akustik yeterlilik için de etkili bir yere sahiptir. Koltukların yerleşimi, konstrüksiyonu ve malzemesi salonun ses yutuculuğunda, ses kusurlarının oluşmasında etkili olabilmektedir. Koltuk düzenlemesi konfor koşulları dahilinde, sirkülasyona izin verecek şekilde olmalıdır. Sahneden uzak koltukların yer aldığı alanlarda dinleyicinin algılayacağı ses kalitesi azalacaktır. Koltuklar arasında fazla boşlukların bulunması yine akustik düzenleme üzerinde olumsuz etkilere sahiptir.



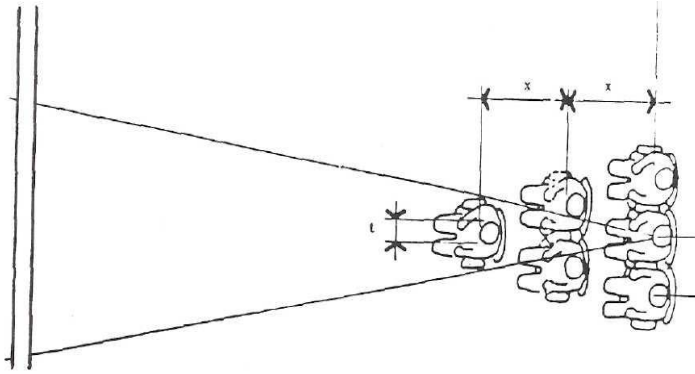
Resim 3-28: Ode Tiyatrosu/Velizy-Villacoublay, Mimar: Claude Vasconi, Koltuk düzenlemesi, 2003, Fransa

İdeal görüŖe sahip olması istenen koltukların; konser ve opera salonlarında sahne üzerine, sinema salonlarında ise yukarı bakacak Ŗekilde yerleŖtirilmiŖ olmaları tercih edilir. Akustik açıdan koltukların malzemesi önemlidir. Seçilen malzemenin salon dahilindeki yutuculuk değerine etkisi büyüktür. Akustik gereksinimler göz önünde bulundurularak, sert, kumaŖ ya da deri kaplı koltuklar seçilebilir.



Ŗekil 3-31: DŖeme profili eğiminin hesaplanması, (Budak, 1994)

Kademeli olarak yerleŖtirilen koltuk dizilerinin farklı rıhtlara sahip olması topluluk için tehlike oluŖurmaktadır. Bir ara geiŖ basamaksız maksimum % 10 olmalıdır. Basamaklı olması durumunda eğim 35° dır. GrŖ izgisi belirlenirken genel olarak alınan yükseklik 1120 mm olup, farklı kesitler alınarak kontrol edilmelidir.



Ŗekil 3-32: İdeal grŖ alanının sağlanması için koltukların düzenlenmesi (Budak, 1994)

Oturma alanında sıraların ŖaŖırtmalı düzenlenmesi, özellikle yukarıda tanımlanan ideal eğimin sağlanamadığı durumlarda, hem görsel hem de iŖitsel konforun sağlanmasında yararlıdır. Böylece, izleyicinin iki sıra önündeki kiŖinin baŖı üzerinden sahneyi görmesine dayalı grŖ çizgilerini hesaplamak mümkündür.

- Sahne evli konser salonları

Salon içinde belirgin bir perde bölümlenmesine gidilmeden sığ bir sahne ile oluşturulur. Ortalama derinlik, sahnenin ön kenarından arka duvara yaklaşık 8.5 metredir. Sahnelerin tavanları ya yatay ya da geriye doğru yaklaşık bir metre eğimlidir. Sahne üzerindeki tavan yükseklikleri önde yaklaşık 14 m, arkada platformlar da dahil 13 m'dir. Bu salonlarda sahnenin her iki yanında sığ bir balkon uzanır ve bazı müzisyenler bu küçük çıkıntı altında otururlar. Bu tip sığ balkonlar süre gecikmesine neden oldukları için tercih edilirler. Bu tip balkonlu salonlarda, sahne genişliği iki balkonun yüzleri arasında yaklaşık 13,5 m'dir. Sahnenin dar olması durumunda düzgün ses dağılımı için tavanın alçaltılmasına gerek yoktur. Ancak yüksek tavan yapılması da, ses enerjisinin büyük kısmının, serbestçe salonun yukarılarına erişerek, yansımış ses şiddetinin direkt sese oranını yükseltir. (Beranek, 1962)

- Sahne evsiz konser salonları

Çoğunlukla ön sahnesi bulunan bu tip salonlar, oda orkestrası, müziksiz gösteriler ya da opera için kullanılırlar. Orkestranın, ön sahnenin arkasında yansıtıcı elemanlar ya da sahne evi olmadan yerleştirilmesi dinleyiciler açısından akustik kalitenin düşmesine sebep olmaktadır.

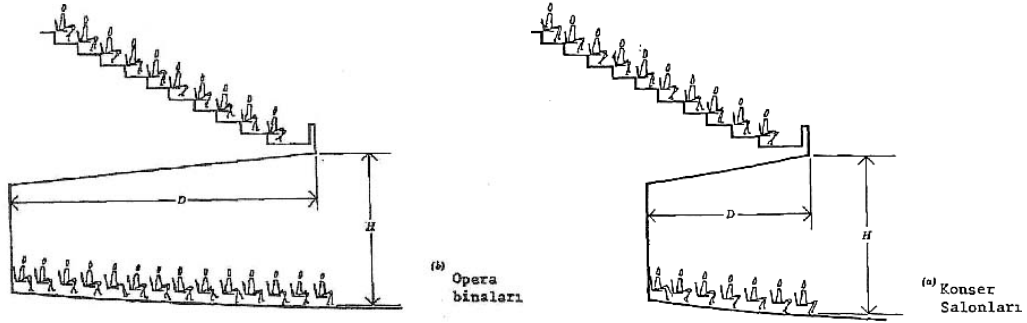
Sahne içinde yer alan orkestra için sahne evi içine monte edilecek birçok yansıtıcı nitelikte örtü tasarlanmıştır. Salon genelinde akustik açıdan büyük öneme sahip olan bu yansıtıcıların en zayıf noktaları, düşük frekanslarda kayıp vermeleri ve sahne arkasında ses şiddetinin artması olarak görülmektedir. Bas kaybı, örtü için nispeten ağır malzemeler seçip, düşük frekans sesinin yutulmaması sağlanarak önlenir. Sahne evine açılımlardan kaçınılarak sahnenin arkası ile önündeki enstrümanların ses şiddet dengesi tavan panellerinin yönlendirilmesiyle kontrol edilebilir. (Budak, 1994)

Orkestranın arka kısmının sık sık ön taraftaki yaylı çalgıları bastırmasının bir nedeni salonun ön kısmında yansıtıcı eksikliğidir. Bunu önlemek için, perde önünün kenarları yakınındaki yüzeylerin, kemanlardan gelen ses enerjisini dinleyicilere yansıtacak şekilde tasarlanmaları gerekir. Diğer bir deyişle sahnenin kendi örtüsünün

yeterli olmadığı durumlarda sahne örtüsü ile salonun ön kısmı beraber tasarlanmalıdır. Ses yutucu malzemelerin miktarı, tipi ve yerleşimi, sahne üzerindeki enstrümanlar ile birlikte düşünülmeli ve salondaki yansıtıcı yüzeyleri tamamlamalıdır. (Beranek, 1962)

Salonlarda Düzensiz Dağılım

Yoğun kapasitenin söz konusu olduğu salonlar çoğunlukta olmak kaydıyla, tüm salonlarda akustik açıdan sorunlu bölgeler bulunur. Bu durumun farkında olunsa bile, bazı nedenlerden ötürü buraların kullanılması gerekli olabilir. Akustik bakımdan kritik bölgeler aşağıda sıralanmıştır.



Şekil 3-33: Kaynağa göre iyi sonuç alınabilmesi için önerilen balkon tasarımları, (Beranek, 1962)

Balkonlar: Büyük salonlarda sahne ile en arka koltuk arasında uzaklığı azaltmak için kullanılırlar. Tasarım dahilinde tek ya da çeşitli kapasitelerde birçok balkon yapılabilir. Buradaki en büyük dezavantaj balkonun derinliğinden kaynaklı olarak yansımış seslerin balkon sonunda bulunan sıralara ulaşamamasıdır. Eğer balkon hem derin, hem de açıklığı yeterince yüksek değilse, sahneden gelen direkt ses bile boğulacaktır.

Loca: Yarı bölücülerle ayrılmış balkonlar şeklinde olmaları durumunda akustik açıdan sorun çıkmayacağı düşünülmektedir. Loca açıklıklarının az olduğu durumlarda salon akustiğinden sadece ön sıralar yararlanabilmektedir.

Akustik Yakınlıktaki (Intimacy) Değişkenlikler: Genel bir kaniya göre, konser

salonlarında, balkonlardaki akustik parterdekinden daha iyidir. Bunun iki nedeni olabilir. Birincisi, genellikle balkonlarda ilk zaman gecikme farkı daha kısadır ve iyi bir konser salonu için gerekli şartların başında gelen akustik mahremiyet çoğunlukla sağlanır. İkincisi ise; yan duvarlar, tavan ve balkon yüzlerinin, sesi genellikle parterden çok balkonlara doğru yönlendirmeleridir. (Budak, 1994)

Zayıf Görüş Çizgilerine Sahip Koltuklar: Akustik olarak özelleşmiş hacimlerde zayıf görüş alanına sahip koltuklar aynı zamanda akustik açıdan da zayıf durumdadırlar. Frekansları 1000 Hz'in üzerinde olan sesler, köşeler ve engellerde kırılmazlar. Üst balkonlarda oturan dinleyici, tam sahne görüşüne sahip olmamasının yanı sıra önünde bulunan diğer seyirciler yüzünden düşük kalitede ses duyar.

Geniş Salonların Ön-Yan Koltukları: Perde önünde genişlemeye başlayan salonlarda parterde uzun gecikme aralıklarına rastlanabilmektedir. Salonun her iki yanında oturan dinleyiciler, geniş bir açı ile yansımından dolayı direkt sesteki gerektiği kadar yararlanamazlar.

Sahneye Yakın Koltuklar: Sahneye çok yakın olarak düzenlenmiş koltuk dizilimi istenmeyen durum olarak kabul edilir. Ses kaynağına olan yakınlık ses kalitesinden ödün verilmesine neden olmaktadır. İdeal olarak, sahne ile ilk koltuk sırasının arasında minimum 3.5 metre mesafe istenmektedir.

Salonlardaki düzensiz dağılımın belirlenmesinde; iki önemli özellik yakınlık ve direkt sesin yüksekliğidir. Bu özellikler koltuktan koltuğa değişim göstermektedir.

3.2.1.2 Opera Salonları

Bir opera binası, konser ve tiyatro salonunun birleşimi olup yaklaşık aynı kriterlerle değerlendirilmektedir. Opera binalarındaki gösterilerde işitsel konfor kadar görsel etki de önemlidir. Konser salonlarından farklı olarak sahne yapısı ve orkestra düzeni salonun niteliğini etkilemektedir. Orkestra sahnenin önünde açık veya batık olacak şekilde düzenlenir. Avrupa tip opera salonlarında genelde at nalı formunda, yüksek ses yutucu locaları ve yaklaşık 1,2 saniye reverberasyon süresi ile en doğru mimari forma yaklaşmıştır.

Orkestra ukurları

Orkestranın yer aldığı çukurlar, orkestranın kapasitesine göre değişim göstermektedir. Büyük opera salonlarında orkestra elemanlarının sayısı⁶ 120 kişiye çıkabilmektedir. Bu yüzden orkestra çukurunun bir kısmı sahne içine girer. Bu nedenle sahne ve izleyici arasındaki mesafede kısılabılır.

Orta büyüklüklerdeki opera binaları içinse, Müzisyen sayısı yaklaşık 40'dır. Orkestra çukurunun döşeme düzeyi, müzisyenlerin başları için yeterli yükseklik bırakacak şekilde, sahnenin döşeme düzeyinden yaklaşık 2,5 m aşiğında olmalıdır. Orkestra ile oyuncular arasındaki dengeyi korumak için, öne çıkan n sahnenin orkestra çukuru alanının 1/3'nden fazlasını rtmemesi gerekmektedir. Yer ve duvar kaplamalarının, sesin, çukurdan izleyici alanına yeterli derecede yansımaya izin verecek türden seçilmesine dikkat edilmelidir. (Doelle, 1972)

Sabit orkestra çukurları, ilerinde yer aldıkları opera salonlarındaki konumlarına göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Açık ukur : Bu durumda, orkestranın yer aldığı kısım, sahnenin altına girmeden, önünde yer alır. Bu konum, akustik açıdan rahatsız edici olmadığı gibi, oyuncu ile izleyici arasındaki yansıtıcı alanı artırır. Çukurda orkestranın yer almadığı gösterilerde ise, çukurun bazı yüzeyleri ses yutucu malzeme ile kaplanarak, boş olmasından ötürü oluşabilecek, rahatsız edici tepki vermesi önlenir. İçinde orkestra varken ise bu yüzeyler, çukurdaki sesi salona yansıtacak paneller ile örtülmelidir. (Beranek, 1962)

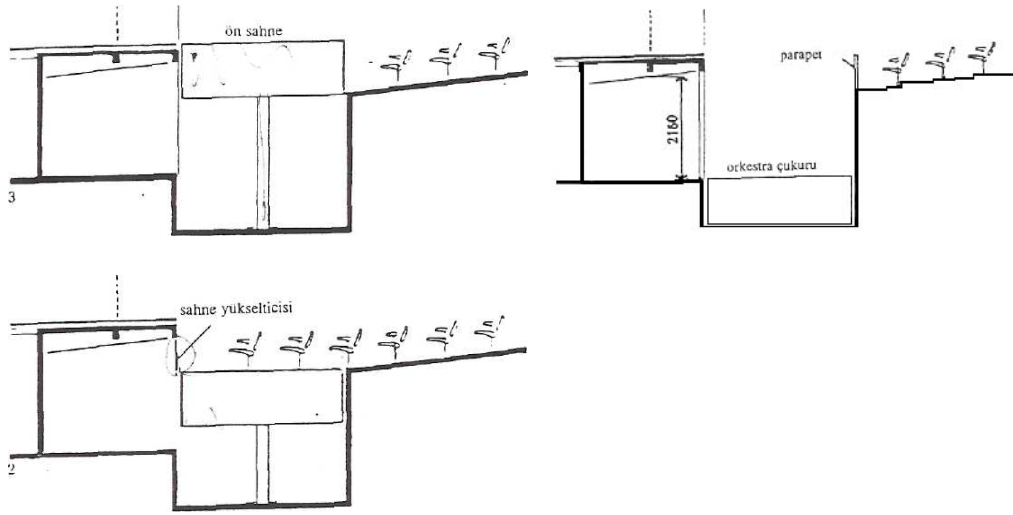
- Batık ukur : Bu tip orkestra çukurları, ünlü besteci Wagner tarafından açık çukura antitez olarak düşünülmüş, ve ilk kez Bayreuth Festspielhaus'ta uygulanmıştır. Wagner operalarında, görünmeyen bir orkestradan çıkan mistik sesler önemlidir, bu nedenle bir kısmı sahne altına gömülürken geri kalanın neredeyse tamamı bir çıkıntı ile örtülmüştür. Wagner 'in müzikleri ve benzerleri dışında kalan türler için tatmin edici sonuçlar vermeyen bu tip çukur, nispeten uzun reverberasyon

⁶ Müzisyen başına 1m², şef için 1m², davul için 5-6 m² yer ayrılmalıdır.

sürelî, büyük orkestralar tarafından kullanılmaktadır. (Beranek, 1962)

- Açık Batık Çukur : Bu tip, standart bir orkestra çukurunun sahne altına uzatılmasıyla oluşturulur. Burada temel fikir, bazı enstrümanların açıkta bırakılırken diğerlerinin bir kutuya konulmasıdır. (Beranek, 1962)

Büyük kısmı sahne altına giren orkestralar, doğal ses veremezler, bu nedenle yeni opera binaları İtalyan Operalarına göre tasarlanmalıdır. Wagner tipi opera gibi, orkestra sesinin derinden gelerek, oyuncunun sesini ön plana çıkardığı operalar için en uygun tip Batık Orkestra Çukurudur. (Beranek, 1962)



Şekil 3-34 : Hareketli orkestra çukurunun farklı kullanımları (Budak, 1994)

Orkestra çukurunun kullanımında oldukça esnek düşünülebilir. Alan ve hacim, farklı boyutlardaki orkestralara uyacak ve orkestra içindeki dengeyi koruyacak şekilde ayarlanmalıdır. İzleyici döşemesini uzatmak ya da bir ön sahne oluşturmak için, orkestra çukurunun çok amaçlı tasarlanması, örneğin ön sahnenin bir asansör üzerine yerleştirilerek mekanize edilmesi, sabit bir orkestra çukurunun, izleyici ile sahne arasındaki zedelenmiş ilişkisi yerine, daha yararlı bulunan bir uygulamayı getirir. Bu alternatifin, paneller ve kafes sistemler kullanarak, manüel olarak organize edilmesi

yerine mekanik olarak uygulanması daha avantajlıdır. En yaygın kullanım, tek asansörlü bir sistem için, farklı düzeylerde durdurulup, orkestra çukuru, oditoryum oturma düzeni uzantısı, ya da sahne önü kullanımına olanak verdirme. Aynı düzenleme, iki asansör konulup, bunların kendi aralarında da kademe yapmaya olanak tanımak ile daha esnek olabilir. (Beranek, 1962)

Opera binalarında sahnenin zengin dekorlara sahip olması çeşitli yan odalar ve yan sahnelerin oluşturulmasını gerektirir. Bu nedenle opera binalarında izleyiciler ile oyuncular arasında belirgin ayrılmayı sağlayan ön sahneler kullanılır.

Ön sahnenin varlığı izleyici sayısı 1500 geçmesi durumunda sorun yaratmaz ama geniş çaplı izleyici sayısının 1800 geçtiği durumlarda güçlü ses ihtiyacı bulunmaktadır.

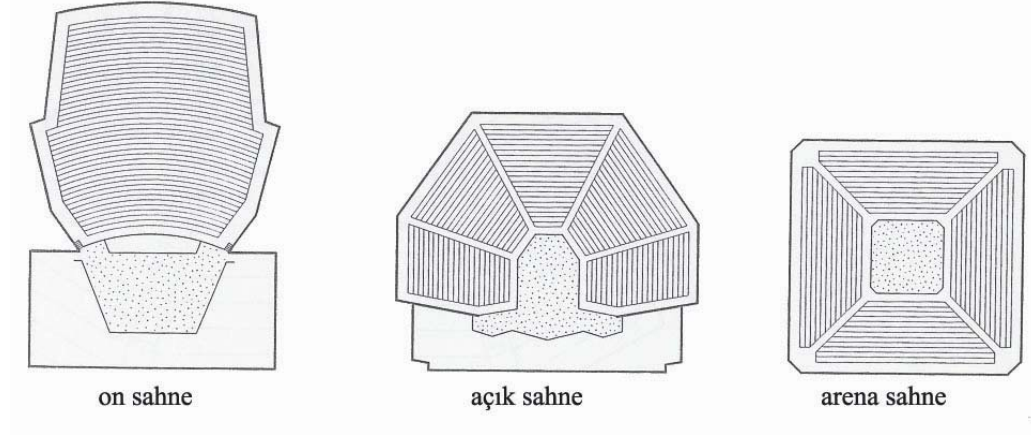
Oyuncunun sesinin yayılmasını artırıcı bazı faktörler şunlardır:

- Sahne, dekor değişimleri dışında, her iki yan ve arka çelik kapılar yardımıyla küçük tutulabilir.
- "Cyclorama" (sahne arka dekoru), alüminyum, alçı gibi sert malzemeden yapılarak, sesi yansıtabilir özellik kazandırılabilir.
- Sahnede, canlı akustiğin sağlanabilmesi için, dekorun sahne üstü ya da kulesi içinde depolanmaması gerekmektedir.
- Sahne düzenlemelerinin, sesin yutulmasını engellemek amacıyla, kanvas yerine ahşap gibi malzemelerin kullanılması gerekir. (Beranek, 1962)

Birçok Avrupa opera binasının sahne döşemesi eğimli yapılmıştır. Bu durum direkt ses dalgalarının kaynağını artırmak için avantaj sağlarken, sahnenin izleyici ve orkestra şefi açısından görsel etkisini de artırmaktadır. Eğimli sahne, dekor yerleşimi ve performanslarını gerçekleştiren dansçılar için sorun yaratabilmektedir. Sahnenin bu şekli çağdaş opera binaları için gerekli değildir.

3.2.1.3 Tiyatro Salonları

Tiyatro salonlarında opera ve konser salonlarından farklı olarak bir orkestra alanı ihtiyacı bulunmamaktadır. Sahne odaklı olan salonların müzikal kalite yerine konuşmanın anlaşılabilirliği ön planda yer almaktadır.



Şekil 3-35: Tiyatro Sahne Tipleri, (Doelle, 1972)

Tiyatro tasarımında dikkate alınacak etkenler:

- Dinleyici bölgesinin şekli ve oturma kapasitesi: Oturma kapasitesi genellikle daha fazla koltuk isteyen ekonomik sebepler ile ve yakınlığı yüksek kapasiteden önde tutan dinleyici-oyuncu tatmini arasındaki uzlaşma sonunda belirlenir. Dinleyici kapasitesi arttıkça sahne ile uzaktaki koltuklar arasındaki mesafe de artar. Güçlendirilmemiş sesin arkadaki koltuklara ulaştırılması zorlaşır.
- Sahne boyutu : Oyuncu sayısı arttıkça sahne ve dinleyici alanı da artar. Bu yüzden sahnenin her noktasından her dinleyiciye tatmin edici doğrudan ve yansımış sesin ulaşımı zorlaşır.
- Öngörülen prodüksiyonun türü, ölçeği ve kullanım öncelikleri : Canlı tiyatro performansları kısa reverberasyon süresi ile az sayıda izleyiciye hitap etmelidir. Farklı kullanım şekilleri farklı reverberasyon süresini gerektirmektedir.

- Dinleyici ve ses kaynağının ilişkisi: Tiyatro sahnesinde yer alan oyuncunun konuşması, dinleyici ve izleyiciler tarafından net algılanması gerekmektedir. Mekanın boyutu, şekli ve reverberasyon karakteristikleri ses iletimini ve algılanmasını etkiler. Konuşma amaçlı olarak tasarlanan hacimlerde, konuşmanın anlaşılabilirliği için reverberasyon süresi kısa tutulmalıdır. Reverberasyon süresinin doğru seçilmesi, sesin yüksekliğini güçlendirir ancak sürenin fazla olması durumunda konuşma bulanıklaşır. Bu durumda konuşmanın anlaşılabilirliği, havada var olan eski hecelerin yeni söylenen heceleri maskeleyesi⁷ yüzünden bozulur.

Havadaki ses kaybının minimum tutulması için mekan içindeki mesafe kısa tutulmalıdır. Tiyatro salonlarında, mekan içindeki kişi başına düşen optimum hacim 2.3-4.3 m³ olarak belirlenmiştir. Bu sınır içinde kişi başına düşen hacim miktarı minimuma yakın olarak tercih edilmelidir.

Ses kaynağı ile en uzaktaki dinleyici arasındaki mesafe az olmalıdır. Doğrudan ulaşan ses için bu mesafe 9-12 m'yi geçmemelidir. Güçlendirme amaçlı olarak, yansıtıcı yüzeylerden dinleyiciye ulaştırılan sesin kat ettiği mesafenin direkt sesin kat ettiği mesafeden en çok 9-10.5 m fazla olması sağlanmalıdır. Bu da 30 ms ya da altında bir ses gecikmesine neden olur.

Koltuk düzenlemesi konuşmacıyı merkez kabul edecek şekilde maksimum 140°'lik bir açı içinde yapılmalıdır. Bunun sebebi yüksek frekanslı konuşma seslerinin, bu doğrultunun dışında gücünü kaybetmesidir.

Mekanın reverberasyon süresi değeri, bütün ses frekansları boyunca şekil 2.6'da gösterilen ideal değerlere mümkün olduğunca yakın olmalıdır. Ancak konuşma hacimleri için istenen kısa reverberasyon sürelerinin sağlanması, mekan içindeki ideal akustik dinleme koşullarının sağlanmasını garanti etmez. Mekan içindeki yüzeyler, 250-5000 Hz arasında düzgün yutuculuğa sahip olmalıdır. Bunun amacı bu

⁷Maskeleye, bir sesin işitme eşiğini artırarak diğer bir sesin işitilmesini engellemesi olarak tanımlanır.

frekans aralığındaki seslerin aşırı yutulmasını önlemektir.

Gürültü kontrolü, dışardan gelen seslerin mekan içindeki sesi maskeleymesini önlemek amacıyla önem taşımaktadır.

3.2.1.4 Konferans Salonları

Konferans salonları, tiyatrolar ya da sınıflarda olduğu gibi konuşmacının karşısında düz sıralanan oturma gruplarına göre düzenlenir. Konuşmacının algılanabilirliği açısından derinliği 15 m'yi ya da 20 sırayı geçmemeli ve oturma yerleri ya da konuşmacının yer aldığı kısım yükseltilmelidir. Salonun hacminin 1500 m³ geçmesi durumunda sesi güçlendirmek için ek bir tertibata ihtiyaç duyulabilir.

Konferans salonlarının akustik nitelikleri göz önüne alındığında konuşmanın anlaşılabilirliği en önemli gereksinimdir. Mekan içinde ses farklı noktadaki kaynaklardan çıktığı için mükemmel dinleme koşullarına ihtiyaç duyulur Konferans salonlarının kapasitesinin 100 kişiyi aşması durumunda tiyatro salonları başlığı altında incelenen konuşma amaçlı akustik kriterlerle uyumlu olmalıdır. Optimum oda boyutu ve şekli gereksinimi, doğru yönlendirilmiş kısa gecikmeli ses yansımaları, kısa reverberasyon süresi ve etkin gürültü kontrolü ile sağlanmalıdır.

Reverberasyon süresinin hesaplanmasında, mekan içindeki insan toplulukları büyük farklılıklar göstereceğinden, 1/2 - 2/3 doluluk oranı varsayılması makul olacaktır.

Gürültü kontrolünün sağlanması amacıyla, genellikle gün ışığından uzak kapalı mekanlar tasarlanmaktadır. Bunun neticesinde ışıklandırma ve mekanik tesisatı içeren karmaşık, ses yansıtıcı bir tavan gerekmektedir.

Konuşma amaçlı düzenlenen salonlarda, anlaşılabilirliğin artması için reverberasyon süresi kısa tutulmalıdır. Konuşmayı oluşturan sesler yani heceler birbirini sık aralıklarla izlediğinden, anlaşılabilirlik maskelenmesinin önlenmesi amacı ile mekanın yutuculuğu artırılmalıdır.



Resim 3-29: Michigan Üniversitesi, Ekonomi fakültesi konferans salonu, 2005, Mimar: Kohn Pedersen Fox

Konferans salonlarındaki akustik tasarım, yukarıda belirtilen kriterlere ek olarak aşağıdakileri de gerektirir:

- Zemin alanı ve mekan hacmi,
- Minimum tavan yüksekliği,
- Yansıtıcı ve dağıtıcı tavan tasarımı,
- Dik açılı ya da kademeli koltuk düzenlemesi ve yükseltilmiş platform,
- Kısa reverberasyon süresi (Özellikle ses kaydı yapılması durumunda)
- Mekan çevresindeki darbe nitelikli gürültünün mekan içine geçişinin önlemesi amacıyla yumuşak zemin kaplaması,
- Sabit ve yüksek yutuculuğa sahip koltuk malzemesi,
- Dış gürültünün mekan içine geçişini önleyecek ses yalıtımı,
- Düşük fon gürültüsünün mekan içinde sağlanması.

3.2.1.5 Restoran ve Barlar

Restoran bar ve kafeteryaların iç düzenlemesinin ana unsuru, müşterinin bulunduğu ve yemek yediği alanlardır. Hizmet edilen müşteri sayısı, servis kalitesi ve şekli bu alanların tasarımında etkili faktörlerdir. Bekleme alanları, vestiyer ve ıslak hacimler

ana salonu destekleyen yan fonksiyonlardır. Yemek salonunun oturma düzeni, dolaşım alanları ve servis süresine bağlı olarak kapasitesi restoranın türüne bağlı olarak değişim göstermektedir. Mutfaklar yemek hazırlama alanları, bulaşık gibi servis alanları, depolar ve soğuk odalardan oluşmaktadır.

Restoran, bar ve kafeteryalardaki en büyük akustik sorun, hacim içinde ve çevresinde bulunan servis ve mutfak alanlarında oluşan gürültü ve reverberasyon süresidir. Reverberasyon süresinin kısa tutulması mekan içinde yapılan konuşmaların netliğini sağlamakta ve kelimelerin bulanıklaşmasını önleyebilmektedir. Yemek yeme alanlarındaki tavan, duvar kaplamaları gibi dekorasyon elemanlarının ses yutuculuk değerleri yüksek tutulmalıdır. Buna ek olarak, çoğunlukla tavanın formu ve niteliğinin mekan içinde uğultunun oluşmasını önleyecek şekilde belirlenmesi doğru görülmektedir.

Mutfak ve servis alanlarında oluşan gürültünün, yemek yeme alanındaki gürültü düzeyine olan etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Mekanlar arasında ses geçişine izin vermeyecek detaylandırma ve malzeme kullanılması avantajlıdır.



Resim 3-30 : Suede/ Scottsdale- Arizona. Mimar Paul Almond. Kumaş kaplama akustik panellerin mekan içinde bölücü olarak kullanılması

Restoran, bar ve kafeterya gibi alanlarda kullanılan ses yutucu malzemelerin neme ve yangına dayanıklı, kolay temizlenebilen bir yapıda olmaları gerekmektedir.



Resim 3-31 : The brasserie, Mimar: Diller ve Scofidio, 2000, New York

Yukarıdaki örnekte, restoranda servis mekanı ile yemek salonunun eğik, parçalı ahşap panolarla ayrıldığı görülmektedir.

3.2.1.6 Kapalı Spor Alanları

Kapalı spor salonları, gerek değişik kademelerdeki eğitim yapıları içinde gerekse doğrudan toplumun yararlanmasına yönelik sosyal tesisler içinde yer alan önemli hacimler ya da özel yapı türleridir.

Planlama olarak salonlar, işlevleri, kapasiteleri, izleyici olup olmaması, gece-gündüz kullanımı vb. durumlara göre birbirlerinden ayrılır. Örneğin, sınırlı sayıda spora hizmet veren orta öğretimde yer alan kapalı salonlar yanında, aynı zamanda, aynı ya da değişik türden etkinliklere yer verilen çok büyük salonlar olabilir. Ayrıca, değişik amaçlara hizmet veren ayrı salonların bir araya getirilmesiyle daha büyük tesisler de oluşturulabilir. Tüm bu yapıların niteliklerine göre mimari biçimlenişlerinde özellikle taşıyıcı ve örtücü sistemler (yapı kabuğu) ağırlıklı rol oynamaktadır (Şerefhanoğlu, 1992).

Ülkemizde son yıllarda, sporun çeşitli dallarında giderek artan ilgi ile birlikte kapalı spor salonlarının, makro ölçekte yerleşim planlarının, mikro ölçekte ise yapı içi fiziksel konfor koşullarının iyi ve doğru planlanmış olmaları önem kazanmıştır.

Kapalı spor salonlarında oluşan gürültüler, işitme sağlığını olumsuz etkileyerek insanların fizyolojik ve psikolojik dengelerini ve ortamın konforunu bozan, oldukça önemli bir fizik etkendir.⁸

Spor Salonlarında Gürültü Denetimi Yönünden Konfor Durumu

Kapalı spor salonlarındaki yüksek gürültü düzeyleri, sporcuların, seyircilerin, hakem ve antrenörlerin rahatını bozarak istenmeyen etki ve sonuçlara neden olmakta, böylece spor gerçek anlam ve amacını yitirebilmektedir.

Farklı spor dallarına yönelik kapalı spor salonlarında, insanların gürültüden duydukları rahatsızlıklar da farklı olabilmektedir. Örneğin, kapalı tenis kortu, jimnastik ya da bilardo salonundaki seyircilerden gelen gürültüler ile futbol, boks, basketbol, voleybol, hentbol karşılaşmalarını izleyen seyircilerden gelen gürültülerin düzeyleri çok farklıdır.

Bir başka anlatımla, tenis, bilardo, jimnastik, buz pateni gibi bireysel karşılaşmalarda, sporcunun dikkatini dağıtıcı tezahürlara pek rastlanmazken, çoğu takım oyunlarında ve dövüş sporlarında bu tür gürültülerin çıkartılması çok olağan, seyircilerin psikolojik yönden rahatlmasını sağlayan, hatta sporcuların

8 Aşağıda, kapalı spor salonlarında gürültü konusundan başka tasarım aşamasında ele alınması gereken bazı konulara kısaca değinilmiştir.

Kapalı spor salonları, büyük açıklıkların geçilmesini gerektiren yapılardır. Burada önemli olan, bu açıklığın görüşe engel olmadan kapatılmasıdır. Tavan ve duvarlarda, seçilen inşaat sistemine göre ısı ve ses yalıtımı düşünülmüş olmalıdır.

Tribünler ve geçiş alanlarında aşınmaya dayanıklı, temizliği kolay ve ses yutucu gereçler kullanılmalıdır. Örneğin, linolyum, lastik kaplama vb. gibi. Oyun sahaları, kayma ya da dalgalanma yapmayacak, darbelere dayanıklı gereçlerle kaplanmalıdır. Tenis için asfalt ya da beton yerine, mantar linolyum veya kauçuk tartan pist, basketbol, voleybol ve hentbol gibi oyunlar için parke döşeme, jimnastik için elastik kauçuk malzemeler önerilmektedir.

motivasyonunu arttırıcı bir etken olarak düşünölmektedir.



Resim 3-32: Akustik yutucu panellerin spor salonlarında kullanımı, Manchester Aquatic Center ana havuzu, Mimar: Gordon Mungall, 2000, İngiltere

Kapalı spor salonlarının tasarımında güröltü, mekanın kullanım performansını doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle, genel olarak kapalı spor salonlarını,

- Seyirci sporlarının,
- Katılımcı (bireysel) sporların

gerçekleştirildiği hacimler olarak iki grupta toplamak mümkündür.

Önceki bölümlerde ayrıntılı olarak açıklandığı gibi, kapalı spor salonlarında güröltü denetimi yönünden konfor koşulları, hacmin güröltü düzeyine etkisinin (hacimde yansıyan seslerin) denetlenmesine bağlıdır.

- Mekan dışından gelen güröltülerin,
- Hacim içindeki kaynaklardan çıkan güröltülerin,

Yansıma sonucu alıcıya ulaşan sesler, tavan ve duvar yutuculuklarının artırılması yolu ile azaltılmalıdır. Ancak, hacmin toplam yutuculuğunun artırılmasında, yutucu gereçlerin seçimine dikkat edilmelidir. Yutuculuğu, hem ince hem de kalın seslerde yüksek olan, yani hem gözeneklilik özelliği olan (halı, perde, kumaş vb.) hem de levha özelliği gösteren ve titreşerek kalın sesleri yutabilen elemanlar (asma tavan elemanları, ahşap kaplamalar vb.) tercih edilmelidir.

Spor yapılarındaki (örneğin, yüzme havuzları) yansıtıcı yüzeyler, anlaşılabilirliği ve dikkati olumsuz yönde etkileyebilir. Özellikle jimnastik; buz pateni ya da senkronize yüzme gibi spor dallarında, sporcular hareketlerini müziğe göre ayarlamakta güçlük çekeceklerinden bu durum çok önemlidir. Bunun için, iç yüzeylerde kullanılan gereçlerin ses yutuculukları (yüzme havuzlarındaki nem olayı da dikkate alınarak) iyi etüt edilmeli ve uygun seslendirme sistemleri düşünülmelidir (Doelle, 1972),

Denetimde alınacak önlemlerin nicelik ve niteliği, spor salonları için kabul edilebilir gürültü düzeyinin aşılmasını sağlamaya yönelik olmalıdır. Hem işlev hem de insan kulağının duyarlılığı dikkate alınarak, frekansa bağlı olarak belirlenen bu düzeyin üst sınırı, spor salonları için NR 45 dB (pencereler kapalı) ya da NC 45-50 dB'dir. Gürültü Kontrol Yönetmeliğine göre de (Leq) 60 dBA olarak belirlenmiştir.

Hacim içinde oluşan gürültüler ve bunun sporculara olan etkileri, bazı salonlarda oldukça önem kazanır. Örneğin, bilardo salonları gibi bazı hacimlerde ve tenis ile halter sporlarının yapıldığı salonlarda özel bir sessizliğe ihtiyaç vardır. Tersine bir durum söz konusu olduğunda, hakem maçı durdurma, erteleme ya da iptal etme yetkisine sahiptir. Spor tesislerinde genellikle yer alan özel havalandırma-iklimlendirme tesisatlarını gerektiren, dinlenme alanları ve sağlık merkezlerinde (örneğin sauna), diğer hacimlere göre daha sessiz ve rahat bir ortam gereklidir (Saunders, Templeton, 1987).

Gürültü denetiminde, değişik mimari formlara sahip salonların olumsuz etkileri de önemli bir konudur. Yuvarlak, kare ya da oval salonlar, genellikle akustik yönden kötü sonuç verdiklerinden dikdörtgen salonlar daha olumludur. Günümüzde teknolojik ve estetik arayışların sonucu olarak, dairesel formu salon örneklerine

sıkça rastlanmaktadır. Bu tip salonlarda, sesin içbükey yüzeylerde yansımaları sonucunda, gürültü denetimini yakından ilgilendiren önemli sakıncalar meydana gelebilir.

Ses ışınları bir noktada ya da çok küçük bir alanda toplanarak "odaklanma" meydana getirebilir. Bu durumda, ikincil kaynak doğar ve ses kaynağının yerinin belirsizliği önemli bir işitsel rahatsızlık yaratır. Odaklanma noktasının seyircilere yakın bir noktada olması ise ses dağılımında büyük eşitsizliklere neden olur.

İçbükey bir yüzeyden, bir kez yansiyarak dinleyicilere ulaşan sesler (ilk yansımalar) sonucunda "yankı" meydana gelebilir. Bu duruma, salon yüksekliğinin fazla olması nedeni ile tavan yüzeyinden gecikerek gelen yansımalar ve ses yansıtıcı içbükey arka duvarlar neden olur.

Yankı sonucunda sesin sönümlemesinde hoş olmayan düzensizlikler oluşarak, ikincil kaynak algılanmasına neden olacağından çok sakıncalı bir durumdur.

Salon içinde meydana gelen bu olumsuzluklar, işitsel algılamayı bozarak maçın oynanmasını ya da izlenmesini güçleştirebilir.

3.2.2 Hastaneler

Amacı, bir toplumun sağlığına katkıda bulunmak üzere teşhis tedavi ve koruyucu hizmetleri içeren, bireylerin sağlıklı olarak doğum, çoğalma, yaşam koşullarının düzenlenmesini için sağlık sistemi içinde yer alan ve gerekli sıhhi, fenni koşulları taşıyan yapılar sağlık kuruluşları, hastaneler olarak tanımlanır. (Chiara, Crosbie, 2001)

Hastaneler, idari ve sosyal bölümleri, klinik alanları ve teknik hacimleri kapsayan dış hasta bölümü ve hasta kabul, ameliyat bölümü, hasta bakım bölümü ve bakım servislerini kapsayan iç hasta bölümlerinden oluşmaktadır.

Gürültü kontrol yönetmeliği gereği Türkiye'deki hastanelerde kabul edilebilir gürültü düzeyi 35 dB (A) olarak belirlenmiştir. Hastanelerdeki bölümler ve kullanım alanlarının işlev farklılıklarına bağlı olarak kabul edilebilir gürültü düzeylerinde değişimler gözlenmektedir.

Hastanelerde (Hasta Odaları)	Gündüz (NR)	Gece(NR)
1-Sessiz oturma bölgesi, kırsal bölge	25	15
2-Kent bölgesi	35	25
3-Endüstri bölgesi	40	30
Hastane içindeki diğer hacimler		
1-Hastane mutfakları, kapalı otoparklar	45	
2-Büyük lokantalar, laboratuvarlar	40	
3-Toplantı salonları	35	
4-Konferans, ders ve okuma salonları	30	

Tablo 3-8 : Hastane bölümlerindeki gürültü düzeyleri (Arıdağ, 1995)

Dış çevre gürültüsünün hastanenin konumu ve vaziyet planındaki doğru yerleşimi ile doğrudan bağlantısı vardır. Kent içinde, dış çevre gürültüsünden uzaklaştırılmayan hastanelerin yapay engeller, bitki örtüsü gibi yardımcı öğelere ihtiyacı bulunmaktadır. Yine yapının ses geçirmezliği bu anlamda ön planda yer almaktadır. Hastanelerin genellikle cam+dolu yüzeylerden oluşması yaygın bir tasarım anlayışı olduğundan, aşağıdaki örnekte görüldüğü gibi buradaki en zayıf ses yalıtım öğesi pencerelerdir.



Resim 3-33: West Orange Sağlık Merkezi, ABD, Mimar: HKS Inc, 1998

- Gürültüye duyarlı faaliyet alanı: Hasta yatak odaları, bekleme hacimleri, ameliyathaneler, özel bakım alanları, dinlenme alanları.

- Gürültü kaynağı olan faaliyet alanı: Tesisat merkezleri, asansör, mutfak ve servis alanları, otopark ve garajlar.

Dış hasta trafiğinin sürekli ve fazla olması durumunda, bu bölüm hasta odaları ile ayrılmalı ve ayrı olarak yer almalıdır. Gürültü niteliği fazla olan dış hasta trafiğinin yoğun olduğu alanlar, yüksek ses geçirimsizlik isteyen bölümlerle ayrılmalıdır. Bu gibi çözümlerin yeterli olmaması durumunda yüzer döşeme, çift duvar, asma tavan gibi unsurlarla ses geçirmezlik sağlanmalıdır.

Servis koridorları, doğum istasyonları gibi bölümlerde ses yutucu gereçler kullanılmalıdır ve bu gereçlerin seçimi gürültünün tayfsal niteliğine göre yapılmalıdır.

Mekan içindeki bölücüler, tavan kaplamaları gibi yapı elemanları küçük parçalardan oluşturulmalıdır. Bunun nedeni tesisat, havalandırma kanalları vb. alanlarda oluşan gürültünün iletilmesine neden olacak ses köprülerinin meydana gelmesinin önlenmesidir.

Hastanelerde en önemli gürültü kaynaklarının başında insan sirkülasyonundan doğan sesler gelmektedir. Gürültü düzeyinin azaltılmasında etkili akustik çözümlerinin yanı sıra idari önlemler de alınmalıdır.

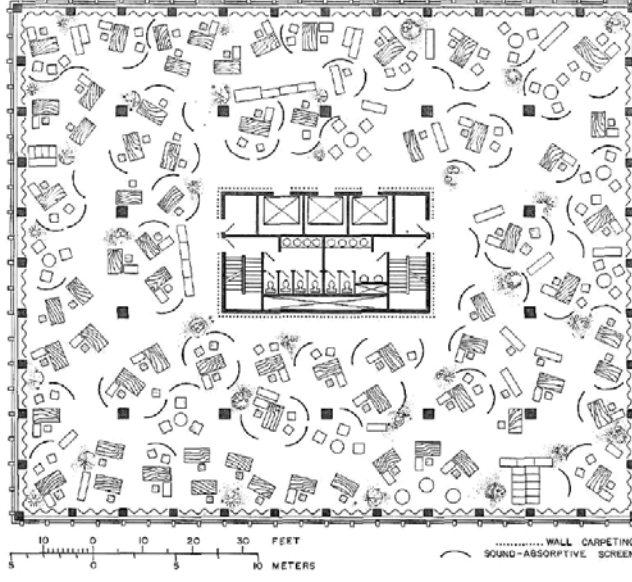
3.2.3 Büro Yapıları

Büro yapıları çoğunlukla temel iki planlama ilkesi doğrultusunda oluşturulur: Hücre, büro ve açık büro. Bunlar kapalı ofislerden oluşan klasik düzenleme ve modüler çalışma istasyonlarıyla kısmi alçak kapaticılardan oluşan açık ofis şeklinde serbest planlamadır.

Klasik düzenlemenin gereği olan kapalı ofislerde, esnek bir sistem olmadığından planlamada değişikliğe gidilmesi oldukça zordur. Fakat bu alanlarda görsel ve işitsel gizlilik sağlanır. Toplantı odası ihtiyacı bu tip planlamada minimum tutulabilir.

Görsel iletişimin ve ekip çalışmasının ön planda olduğu çalışma alanlarında ise açık ofis düzenlenmesi tercih edilir. Esnek düzenleme getiren bu planlama tipinde yöneticiler için kapalı ofis alanları oluşturma imkanı mevcuttur. Çoğu çalışan doğal

ışık ve binanın dışındaki manzaradan faydalanabilmektedir. Konferans salonu ihtiyacı açık ofis düzenlemelerinde daha fazladır. Günümüzde, çoğu ofis, klasik ve açık ofis sisteminin bir karşımı olarak tasarlanmaktadır.



Şekil 3-36 : Açık ofis planı, Kanada tren yolları ofis binası / Ontorio, (Doelle, 1972)

Ofis alanları özel, yarı özel ya da çalışma istasyonları şeklinde tasarlanmış çalışma alanlarından, dosya, ekipman ve depo alanlarından, teknik mahallerden ve dolaşım alanlarından meydana gelir.

Ofislerde ortak gürültü kaynaklarının çoğunluğu, dışardan gelen trafik, çevre, oyun alanı, endüstri alanlarındaki fabrika ya da inşaat makineleri gibi ses kaynakları, bina içinde bulunan havalandırma, iklimlendirme asansör gibi tesisat gürültülerdir. Bu da, çalışma koşullarında dezavantaj sağlamaktadır. Bu şekilde gürültü düzeyinde artmalar meydana gelebilmektedir.

Elverişli yatay ve dikey yalıtım sayesinde özel alanlarda düzenli konuşma imkanı sağlanmalıdır. Böylelikle belirli ofis alanındaki konuşmanın çevre alanlara geçişi engellenerek gürültü indirgenmelidir.

Kiralanan ofis alanlarında, meydan getirilen hafif taşınabilen bölücüler binanın sonradan gelen tamamlayıcılarıdır. Bu bölümlerlerin akustik performansları

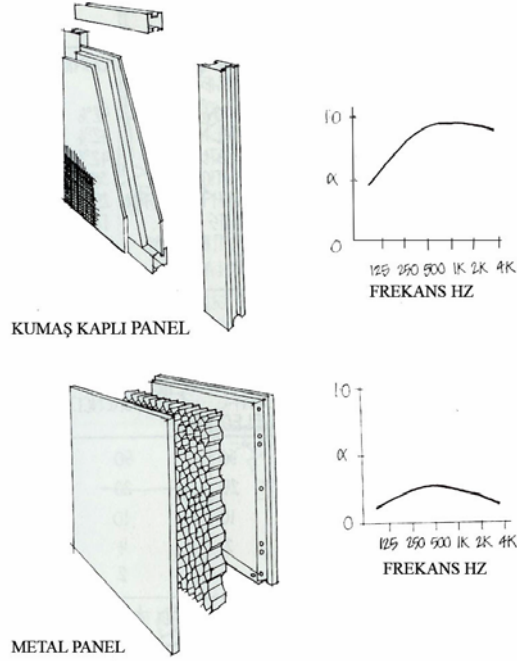
transparan akustik asma tavanların altında yer almalarından dolayı 25'den 30 dB kadar yükselmektedir. Bazı durumlarda bu oran yetersiz kalmakta olup sadece fon gürültüsü olarak bölümlenmelerden gelen sesleri maskeleymektedir.



Resim 3-34: Eagle River İnteraktif, Çalışma istasyonu ve plan içindeki yerleşimleri

Taşınabilen prefabrike, hafif elemanlardan imal edilen bu bölücüler yapılırken ses yalıtımında etkili olması için, uygulama sırasında derz ve birleşimlerinin temiz bir işçilikle yapılması ve ses bariyerlerinin gürültü azaltıcı karakteristik özelliklerinin ses köprülerine izin vermemeleri gerekmektedir.

Açık ofis sistemlerinin yaygın kullanılması birçok akustik probleme neden olabilmektedir. Bu açık alanlarda, tavana kadar yüksek bölücüler kullanılamamaktadır. Bu nedenden ötürü konuşma ve ofis makinelerinin sesleri yükselmekte ve akustik özelleşmeyi engellemektedir. Gürültü ofis içinde ses yalıtımı için uygun görülen engellerin etkisinde kalmadan dolaşabilmektedir. Bu gürültü dalgasının yansımalarının engellenmesi için tavan kaplamaları, halı ve duvar kaplamaları kullanılmalıdır. Bu durumda yüksek ses yutuculuk değeri bulunan malzemeler kullanılsa da kesin emilmeyi sağlayamamaktadır. Açık ofis planlamasının fiziksel, estetik, çevresel ve ekonomik olarak çok fazla artışı olmasına rağmen gerekli ve yeterli ses yalıtımı yapılmaması durumunda çok fazla özel konuşma imkanı sağlayamamaktadır.

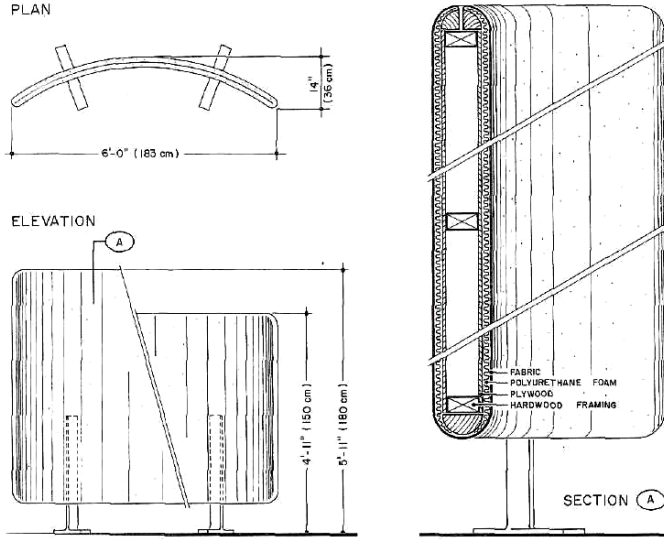


Şekil 3-37: Hafif bölücü panellerin akustik etkinlikleri (Templeton, Saunders, 1987)

Akustik anlamda gerekli önlemler aşağıda gibi sıralanabilir.

- Açık ofis alanlarında darbe ve ses yalıtımı için halı kullanılmalıdır. Halı kalınlığı artırılmalı ve altına keçe gibi alt katmanlar yerleştirilmelidir.
- Bütün tavan, yüksek ses yutuculuğa sahip bir malzeme kullanılarak imal edilmeli, mümkün olan koşullarda tavandan ses yutucu öğeler sarkıtılmalıdır
- Ofis içinden gözüken şekliyle tüm alanın % 40'ını geçecek şekilde cam bölümler imal edilmemelidir. Ses yutuculuk sağlayan perdeler, bitki öğeleri çevrede kullanılmalıdır.
- Bütün duvar yüzeyleri yüksek yutuculuk içeren malzemeler ile kaplanmalıdır.

Çalışma alanlarında göz temasının ayrılmasını sağlayan bölücüler düşük frekanslarda yüksek yutuculuk sağlayarak ses dalgalarının yayılmasını önlemelidirler. Kenarlarda yuvarlak bitişler olması ve yüksek yutuculuk değeri olan kaplamaların kullanılması önemlidir.



Şekil 3-38 : Hafif taşınabilir ofis içi bölümlenmeleri (Doelle, 1972)

Ofis içinde bulunan makineler ve telefonların dağılımları üniform olmalı ve sesleri çalışma alanının dışına çıkmayacak şekilde ayarlanmalıdır.

Kat içinde toplantı ve idari personelin bulunduğu kısımlarda yüksek yutuculuk içeren bitişler imal edilmeli ve mümkünse göz teması da kesilmelidir. Kat içindeki tesisat gürültüsü azaltılmalıdır. Çevrede bitki bulunması hem psikolojik hem de akustik açıdan yararlıdır.

3.2.4 Eğitim Yapıları

Eğitim yapıları, bir anlamda okullar, yüzyıllardır her türlü ve her aşamada eğitim ortamının gerçekleştirildiği fiziksel mekanlar olarak tanımlanmaktadır.

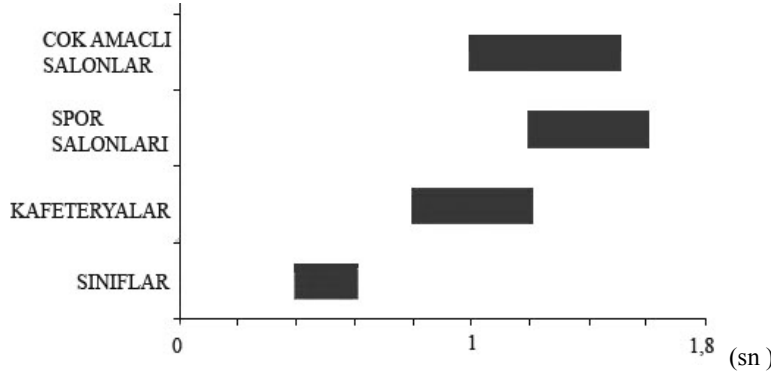
Eğitim yapılarında temel tasarım ilkeleri eğitimin gerçekleştiği derslikler (sınıflar), laboratuvarlar, atölyeler, spor alanları, bu alanları destekleyen teknik mahaller, tuvaletler, dolaşım ve teneffüs alanları, giriş çıkış konumlanması ve idari birimlerden oluşmaktadır.

Eğitim yapılarında akustik değerlendirme iki grup altında yapılabilir. Bunlar gürültü denetimi ve eğitimin yapıldığı alanlardaki konuşmanın anlaşılabilirliği üzerine istenen etkenlerdir.

Sınıflar, konferans salonları ve oditoryumlarda “3.2.1.4 başlıklı konferans salonlarında istenen akustik kriterler” ile uyumlu olmalıdır. Buna göre konuşmaya yönelik bu hacimlerde kısa reverberasyon süreleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Genel olarak, eğitim yapılarının birimleri olan dersliklerin malzeme kullanımları çok çeşitlik göstermezler. İç yüzey gereçleri ve kullanımları benzeşmektedirler.

Kalın seslerin (alçak frekansların) hacim içindeki ince sesleri (yüksek frekansları) maskeleye olasılığı oldukça fazladır. Reverberasyon sürelerinin frekanslara göre ayırım göstermesi halinde mekan içinde distorsiyon ya da tını bozukluklarına rastlanılır.



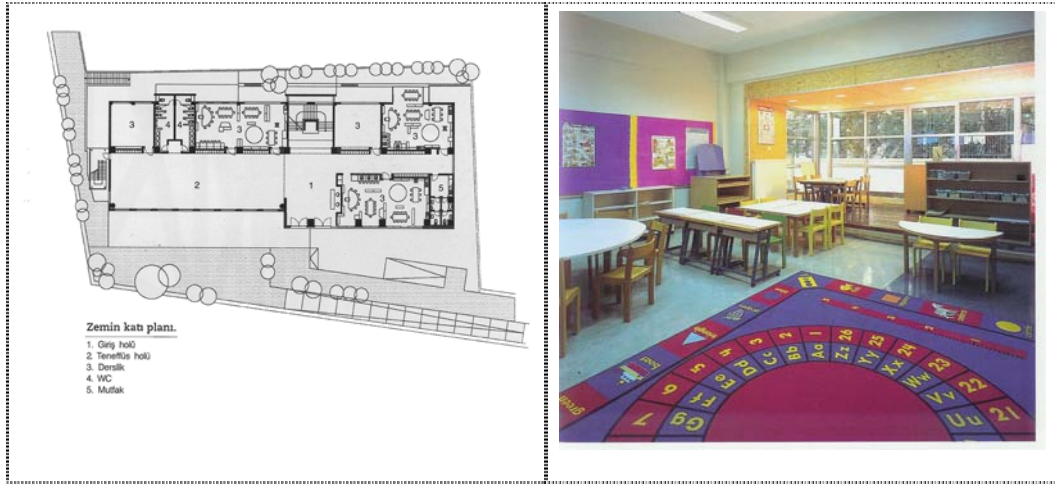
Şekil 3-39: Eğitim yapılarında çeşitli fonksiyonlara göre reverberasyon süreleri, (Classroom Acoustics, 2000)

Eğitim ve öğretimin temel amacı olan bilgi aktarımının söz konusu olduğu bu mekanlarda konuşmanın anlaşılabilirliğinin olması en temel hedeftir. Bu nedenle eğitim yapılarında akustik konfor koşullarından bahsederken konuşmanın netliği, gürültünün azaltılması gibi faktörler ele alınmalıdır.

Okul yapılarında yapı içi gürültüleri üç grupta toplanabilir .

- İnsan Gürültüleri: Okulu kullananların (Öğrenci, öğretmen, temizlik görevlileri vb.) havada ve katıda, istemli ve istemsiz olarak oluşturdukları gürültülerdir. Bunlardan katıda doğan seslerin oluşturduğu darbe gürültüsü genellikle döşemelerde adım sesi, eşyaların itilip çekilmesi sonucu kaynaklanan gürültülerdir.

- Tesisat ve Teknik Donatıların Gürültüleri: Pis su, temiz su gibi döşemelerden, havalandırma gibi donatılardan kaynaklanan gürültülerdir.
- İşleve Bağlı Gürültüler: Mekanlarda yapılan işlerin niteliklerine göre, kullanılan araçlardan çıkan ve o mekanda bulunan kişilerin oluşturduğu gürültülerdir. (Spor salonları, atölyeler, müzik odaları, vb.)



Resim 3-35: Açık İlköğretim Okulu, Mimar: Erginoğlu ve Çalışlar Mimarlık, İstanbul, 1999

Yukarıda yer alan örnekte, sınıfın döşeme kaplaması olarak seçilen halı aynı zamanda mekandaki ses emilimine katkıda bulunmaktadır.

Yapı Dışı Gürültüleri

Okulların yapılacağı alanda, dış çevre etkenlerinin yapı kabuğu aracılığı ile yapı içini etkilemesi, kullanıcıları buldukları ortamlarda rahatsız etmektedir. Yapı dışı gürültüleri de üç ana grupta toplanabilir:

- Trafik ve Taşımacılık Gürültüsü: Kent içinde en önemli gürültü trafik ve taşımacılıkta kullanılan türlü araçtan kaynaklanmaktadır. Hava ve deniz yolu araçlarının oluşturduğu gürültü bölgesel nitelik taşırken, karayolu taşımacılığının gürültüsü tüm kentte yaygın özellik gösterir.
- Sanayi Gürültüsü (Fabrika, oto sanayi vb.)
- Açık hava etkinlikleri gürültüsü (Spor alanları, açık pazarlar, vb.)

Eğitim yapılarının sesgeçirmezliği binanın bulunduğu bölge ve çevre koşullarına göre belirlenmelidir. Yapı dışı gürültülerinin içeri alınmasının engellenmesi gerekmektedir. Yapı içi gürültüleri fon gürültüsü altında kalmaları nedeniyle bina içinde ters bir etki yaratmamaktadır.

BÖLÜM 4 SONUÇ

Sesin insan hayatı ile bağlantısı ilk çağlardan beri araştırılmakta ve günümüzde çeşitli bilim dalları için de inceleme konusu olmaktadır. Ses duyma organı olan kulağın işitme sınırlarının dışında fiziksel olarak varlığını ve etkilerini devam ettirmektedir.

Akustik bilimi, ses kavramı ile bağlantılı olup birbirinden farklı pek çok konuyu inceleme alanında bulundurmaktadır. Mimari anlamda akustik, yapı içinde sessizleştirme ve işitsel konfor parametrelerini açıklamakta olup, yaşam alanındaki düzenlemeleri de içermektedir.

Akustik konfor koşullarının belirlenmesi, sesin fiziksel olarak tanımlanması ile mümkündür. Ses dalgalar halinde mekan içinde yayılır, yansır ve çeşitli düzeylerde sönümlenerek yutulur. Mekanın işlevine bağlı olarak, sesin hacmin içinde davranış şekilleri tasarım esnasında belirlenmelidir.

İç mekanda yapı akustiği, sessizleştirme ve hacim akustiği olarak iki şekilde incelenir.

1. **Sessizleştirme**; hacim içindeki ses düzeylerinin belirlenmesi ve bu doğrultuda istenen önlemlerin alınmasıdır. İnsan sağlığına zarar verici etkisi doğrultusunda tanımlanan ses düzeyleri, yapılan iç mekan düzenlemeleri insan için gerekli konfor koşullarının oluşturulmasında önemli bir ölçüttür. Yapı içi ve yapı dışında bulunan kaynaklara göre sesin geçişinin engellenmesi ya da ortam içindeki sesin sönümlenmesi mekan içinde kullanılan malzemelerle yakından ilgilidir. Kitle yasasına göre birim ağırlığı fazla olan yapı malzemeleri sesin geçişine engel teşkil etmektedir.

Modernleşme ile gelişen teknoloji, malzeme kullanımlarında çeşitli alternatifleri sunabilmektedir. Hafif yapı malzemesi kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu da gürültü denetiminde farklı çözümleri göz önüne almamızı gerektirmiştir. Çift cidar kullanımı gibi yapım yöntemlerinin yanı sıra mekan içinde kullanılan malzemelerin akustik performansları da hacim içinde istenen konfor koşullarının oluşturulmasında

etkili olmaktadır.

2. **Hacim akustiği;** bilinçli olarak oluşturulan seslerin, mekanın özelliklerine de bağlı olarak dinleyiciye istenilen kalitede ulaşmasını amaçlamaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada müzik ve konuşma niteliği ön planda olan mekanların tasarım ilkeleri üzerinde durulmuştur. Mekan, ses kalitesinin artırılması için çeşitli düzenlemelere ihtiyaç duyar. Bu noktada, modern akustik parametreleri dahilinde reverberasyon süresi, ilk yansımalar vb. faktörler devreye girer. Bu parametrelerin istenilen düzeye yakınlıklarının sağlanması; mekan içindeki yankı, distorsiyon gibi istenmeyen kusurların oluşumunu azaltır. Mekanın formunun, hacminin ve yüzeylerinin, sesin direkt yayılması, saçılarak dağılması, yansması ve yutulması üzerinde etkisi önemlidir. Sesin tayfsal yapısı, geliş açısı ve çarptığı yüzeyin özellikleri ses kalitesini etkiler. Sesin çarptığı yüzeyin malzeme özellikleri, niteliği, boyutları ve konumlanması; sesin geçişine, sönümlenmesine ve yansımaya neden olur.

Hacim içinde direkt yayılan sese ek olarak yüzeylerden yansıyanlar da hacmin ses düzeyinin artmasına neden olur. Ses düzeyinin artmasının önemi mekanın işlevine göre değişir. Düzeyin azalmasının istenmesi durumunda yansıma niteliği fazla olan malzemelerin kullanım yeri ve boyutları değişmelidir.

Hacim akustiği için yansımalar, sesin düzeyini artırması ve mekan içindeki toplam ses düzeyine etkisi nedeni ile istenen bir koşuldur. Sesin mekan içindeki dağılımı ve geometrik akustik parametrelerin uygulanması, kalitesini artırmakta ve ek bir tertibata olan ihtiyacı azaltmaktadır. Hacim içindeki kusurların giderilmesi; yankı, distorsiyon gibi ses bozulmalarının önlenmesi için, ikinci bölümde irdelenen koşulların sağlanması gereklidir.

Toplam ses düzeyini etkileyen bir diğer unsur ise mekan içindeki toplam ses yutuculuğudur. Buna göre, mekan içindeki yüzeylerin ya da insan topluluklarının varlığı toplam yutuculuğu ve dolayısıyla reverberasyon süresini etkilemektedir.

Mekanın işlevine göre istenilen reverberasyon süresi değişim gösterir. Konferans salonu, opera ya da konser salonlarına ait sürelerin değişimleri, müzik kalitesine ya da konuşma anlaşılabilirliği adına gereklidir.

SES YUTUCU MALZEMELER					
		ÜRETİM ŞEKLİ	KULLANIM YERLERİ	AKUSTİK DEĞERLENDİRME	
ELYAF MALZEMELER	Mineral	Cam Yünü, Taş Yünü, Asbest, Perlit	<ul style="list-style-type: none"> Bağlayıcı malzeme ile sıkıştırılmış levhalar ve şilteler, Bağlayıcı malzeme ile yüzey üzerine püskürtülmüş tabakalar, Katkı maddesi 	<ul style="list-style-type: none"> Duvar ve tavan kaplama malzemesi ve prefabrike üniteler, (Pürüzlü ve perfore yüzeylere sahip), Akustik yalıtım levhaları ve sıvaları Kompozit üniteler 	<ul style="list-style-type: none"> Yapım şekli ve yüzey kullanımına göre yüksek emicilik sağlar. Bağlayıcı ve katkı maddesi olarak malzemelerin yutuculuk değerlerini yükseltebilir. Kumaş, halı ve dokuma malzemeleri yüksek frekanslarda maksimum yutuculuk sağlar. İşlenmiş ahşabın iç yapısı istenen akustik değere göre düzenlenebilir.
	Organik	Ahşap, Bitkisel ve Hayvansal lifler (Yün, Pamuk v.s.)	<ul style="list-style-type: none"> Bağlayıcı malzeme ile sıkıştırılmış levhalar ve şilteler, Yumuşak dokulu hasır örgüler, 	<ul style="list-style-type: none"> Duvar ve tavan kaplama malzemesi ve prefabrike üniteler, Asılı üniteler, Kompozit tavan ve duvar kaplama üniteleri, 	
GÖZENEKLİ MALZEMELER	İnorganik	Çimento, Alçı, Poliüretan, Plastik levhalar	<ul style="list-style-type: none"> Bağlayıcı malzeme ile sıkıştırılmış levhalar, Bağlayıcı malzeme ile yüzey üzerine püskürtülmüş tabakalar, Katkı maddesi, 	<ul style="list-style-type: none"> Duvar ve tavan kaplama malzemesi ve prefabrike üniteler, (Pürüzlü ve perfore yüzeylere sahip), Akustik yalıtım sıvaları, Kompozit üniteler 	<ul style="list-style-type: none"> Frekans yükseldikçe yutuculuk değeri artar. Alçak frekanslar için kullanım alanında hava boşluğu yada düşük hava akış direncine sahip ek bir malzemeye ihtiyaç duyulur. Malzemenin kullanım şekli ve kalınlığı yutuculuk değerinde etkilidir.
	Organik	Ahşap (Sunta, MDF), Mantar	<ul style="list-style-type: none"> Bağlayıcı malzeme ile sıkıştırılmış levhalar ve şilteler Kompozit paneller 	<ul style="list-style-type: none"> Duvar ve tavan kaplama malzemesi ve prefabrike üniteler, (Pürüzlü ve perfore yüzeylere sahip), Asılı üniteler, Kompozit tavan ve duvar kaplama üniteleri, 	
DİĞER MALZEMELER		Alüminyum, Çelik	<ul style="list-style-type: none"> Delikli olarak üretilmiş Kompozit paneller 	<ul style="list-style-type: none"> Kompozit tavan ve duvar kaplama üniteleri, (Perfore ve yivli yüzeyli) Mekan içinde bağımsız asılı birimler, 	<ul style="list-style-type: none"> Yutuculuk değeri metal yüzeyin formuna bağlı olarak değişim göstermektedir. Sandviç panel olarak kullanılması yaygındır.

Tablo 4-1: Ses yutucu malzemelerin sınıflandırılması ve akustik özelliklerinin değerlendirilmesi

SES YANSITICI MALZEMELER				
		ÜRETİM ŞEKLİ	KULLANIM YERLERİ	AKUSTİK DEĞERLENDİRME
ELYAF MALZEMELER	Sert Lif Levhalar, Genleştirilmiş cam köpüğü	<ul style="list-style-type: none"> •Bağlayıcı malzeme ile sıkıştırılmış levhalar ve şilteler, •Katkı maddesi, 	<ul style="list-style-type: none"> •Duvar ve tavan kaplama malzemesi ve prefabrike üniteler, •Akustik yalıtım levhaları, •Kompozit üniteler •Asılı üniteler, 	<ul style="list-style-type: none"> •Bağlayıcı ve katkı maddesi olarak malzemelere eklenerek malzemenin yutuculuk katsayılarını etkilerler. •İşlenmiş ahşabın iç yapısı istenen akustik değere düzenlenebilir. •Sert lif levhalar yüksek akış direncine sahip olduklarından yansıtıcılık özelliği fazladır.
	GÖZENEKLİ MALZEMELER	Çimento, Alçı	<ul style="list-style-type: none"> •Bağlayıcı malzeme ile sıkıştırılmış levhalar, •Kompozit paneller, •Yerinde döküm yapı elemanları, •Katkı maddesi, •Bağlayıcı malzeme ile yüzey üzerine püskürtülmüş tabakalar, 	<ul style="list-style-type: none"> •Duvar ve tavan kaplama malzemesi ve prefabrike üniteler, •Kompozit tavan ve duvar kaplama üniteleri, •Yerinde döküm yapı elemanları,
DİĞER MALZEMELER	Pleksiglas PVC Cam Metaller	<ul style="list-style-type: none"> •Kompozit paneller, •Bireysel prefabrike üniteler, •Yalıtım levhaları 	<ul style="list-style-type: none"> •Asılı üniteler, •Mekan içinde bağımsız asılı birimler, 	<ul style="list-style-type: none"> •Yüksek akış direncine sahip olduklarından yansıtıcılık özelliği fazladır •Malzemenin iç yapısı gözenek oluşmasına imkan vermez.

Tablo 4-2: Ses yansıtıcı malzemelerin sınıflandırılması ve akustik özelliklerinin değerlendirilmesi

Kullanılan malzemenin akustik performansının bilinmesi, mekan içindeki gürültü denetimi ya da hacim akustiği ihtiyaçlarına bağlı olarak uygun nicelik ve niteliğin sağlanması adına gereklidir. Mekan içinde toplam ses yutuculuğunun belirlenmesinde malzemenin akustik performansının etkinliğinin yanı sıra kullanım yeri, boyutları, yüzey dokusu ve uygulama detayları da önemlidir.

Çalışmanın son bölümünde, iç mekanda kullanılan malzemeler, daha önceki bölümlerde belirlenen kriterler doğrultusunda sınıflandırılmıştır. Mekan içinde özellikle malzemenin yutucu ve yansıtıcı özellikleri ön planda tutulmuştur. Buna göre, yansıtıcı malzemeler elyaf, gözenekli ve diğer malzemeler olarak gruplanmış, iç mekanda kullanım şekillerine bağlı olarak sınıflandırılmıştır. Aynı çalışma, yansıtıcı nitelikte kurgulanmış malzeme için de yapılmıştır. Buna göre; elyaf, gözenekli ve diğer olarak sınıflandırılan malzemeler mekan içindeki kullanımlarına göre açıklanmıştır.

Tasarıma Etkiyen Akustik Düzenleme
1.Binanın bulunduğu çevrenin gürültü düzeylerinin belirlenmesi
2.Gürültü düzeylerine ve tasarımın işlevine bağlı olarak istenen akustik gereksinimlerin belirlenmesi
3.Bina işlevine göre akustik düzenleme kriterlerinin belirlenmesi
• Binanın Formu
• Hacmin Şekli
• Gürültü Kontrolü (Ses ve Titreşim Yalıtımı İhtiyacı ve Şekli)
4.Malzeme Seçimi

Tablo 4-3: Akustik düzenleme ilkeleri

Mekanın işlevine göre, istenen gürültü düzeylerine bağlı yalıtım özellikleri ve sesin dağılım kriterleri değişim göstermektedir. Topluluk için tasarlanmış ve ses kalitesinin önemli olduğu alanlarda farklı nitelikte iç mekan düzenlemesi gerekirken, hastane, eğitim ya da büro yapılarında temel amaç ortamdaki ses seviyesinin azaltılması ve yapı dışı gürültülere göre nitelikli yalıtım uygulanmasıdır. İşleve, forma, hacme ve insan topluluklarına bağlı olarak akustik parametrelerin değişmesinden dolayı, her tasarım kendi içinde değerlendirilmeli ve malzeme mekanın ihtiyacı olan ses konforuna bağlı olarak tercih edilmelidir.

Akustik Kriterler	Gürültü Denetimi	Hacim Akustiği Değerlendirme Kriterleri				Mekan ve Malzeme Bağlantısı
	Ses ve Titreşim yalıtımı Dışardan ve mekan içindeki çeşitli fonksiyonlardan gelen gürültünün içeriye geçişi engellenmelidir.	Reverberasyon süresi • Hacmin yüzeylerinin, elemanların ve insanların yutuculuğu ve hava akış direnci	İlk Yansımalar • Tavan yüzeyinde ve yan duvarlarda oluşan yansımalar • Yankının engellenmesi	Toplam Ses Düzeyi • İlk yansımalar ve direkt ses düzeyinin toplanması	Varlık Kriteri ve Yanıt Eğrisi • Mekanın hacmi ve şekli • Reverb.süresi • Ses kaynağının yeri	
Mekan	Gürültü sınır değerleri (LdB)				Kişi Başına Düşen Opt. m2	
Konser Salonları	100	1,2-2,4	• Sahne çevresi ve salon tavanı yansıtıcı nitelikte olmalıdır. • Arka duvar ses yutucu, sesin odaklanmasını önleyici nitelikte olmalıdır.	Ses kalitesinin bozulmadan en arka sıradan bile duyulabilecek düzeyde olması sağlanmalıdır. Aksi takdirde ek tertibata ihtiyaç duyulur.	7,8	• Yansıtıcı nitelikte olan tavan ve yan duvarlarda 1 cm'den kalın, yüzeyi düz ve pürüzsüz malzeme uygulanmalıdır. • Yutucu nitelikteki malzeme, mekanlarda ses yalıtımı ve arka duvarlarda, köşelerde kullanılmalıdır. • Sahne arkası ses yansıtıcı nitelikli malzemeden oluşmalıdır.
Opera Salonları	100	1-2,4			5,7	
Tiyatro Salonları	25	0,6-1,4			3,1	
Konferans Salonları	30	0,8-1,2			3,1	
Restoran ve Barlar	35-45	Kısa reverberasyon süresi -	Olumsuz. Mekan içinde yankı oluşması önlenmelidir.	Minimum	-	Reverberasyon süresini kısa tutmak ve yankıyı önlemek için iç mimari elemanlarının yutuculuk değerleri yüksek olmalıdır.
Kapalı Spor Salonları	45	-		Minimum	-	Büyük hacimlerde, oluşması muhtemel yankının önlenmesi için mekanda kaplama ya da bağımsız üniteler ses yutucu nitelikte olmalıdır.
Hastaneler	25-30	-	Olumsuz.	Minimum	-	Gürültü kontrolü için yapı elemanları yalıtım dahil, çift cidarlı, yutucu nitelikte tavana sahip yada kütle ağırlığı fazla olarak seçilmelidir. Mekan içindeki elemanlar yüksek yutuculuk özelliğinde olmalıdır.
Büro Yapıları	35	Sınıflar ve Konferans Salonları (0,6-0,8)	Mekan içinde yankı oluşması önlenmelidir.	Konf. salonlarında ve sınıflarda, en arka sıraya konuşmacının sesi bozulmadan ulaşmalıdır.	-	
Eğitim Yapıları	35				-	

Tablo 4-4: Mimari fonksiyonlara bağlı olarak akustik analiz ve değerlendirme

Sonuç olarak, bu çalışmada akustik konfor koşulları ve bu koşulların oluşmasında temel teşkil eden etkenler incelenmiştir. Bu etkenler doğrultusunda iç mekan malzemelerinin kullanımında konfor koşullarının sağlama şekilleri belirlenmiş ve olumsuz kullanımlar saptanarak, ortadan kaldırılması ile ilgili öneriler geliştirilmiştir. İç mekanda kullanılan malzemelerin akustik değerlendirmeleri üzerinde çalışacak olan araştırmacılar, malzeme yapısı ve yutuculuk eğrisi arasındaki ilişkiyi detaylı olarak ele alabilirler.

Mekanın ses ile ilişkisi insan yaşamının kalitesi adına gündemde tutulması gereken bir olgudur. Bu anlamda, akustik konfor koşullarının sağlanması önemle üzerinde durulması gereken bir konudur. Geleceğin mimarları tasarımlarında ses denetiminin sağlanması amacıyla kullanılan yapı malzemelerinin etkinliklerini bildikleri ölçüde, ortaya çıkan mekan daha nitelikli olacaklardır

KAYNAKLAR

- [1] Abdülrahimov, R., Kavraz, M., (2003), “Ses Yutucu Malzeme ve Konstrüksiyonların Değişik Mekanlarda Kullanım Yöntemleri”, 2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi Bildiriler Kitabı, S: 412-423.
- [2] Abdülrahimov, R., (1993), Salonlarda Doğa Akustiğın Sağlanması, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınevi, İstanbul.
- [3] Anonim, (1977) ,TS 2673, Akustik-Havadaki Akustiksel Gürültülerin Ölçülmesi ve İnsan Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesine İlişkin Kılavuz.
- [4] Anonim, (1991), TS 9315, Akustik; Çevre Gürültüsünün Belirlenmesi ve Ölçümü.
- [5] Anonim, (2000), Classroom acoustics, Publication of the Acoustical Society of America on Architectural Acoustics, ABD.
- [6] Anonim, (2003), T+Hastaneler, Sağlık Tesisleri, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.
- [7] Anonim, (2003), T+Ofis Binaları, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.
- [8] Anonim, (2005), T+Details, Architecture + Interior, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.
- [9] Anonim, (2005), Çevresel Gürültünün değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği <http://www.cevre.gov.tr/birimler/ckok/gky.htm>.
- [10] Anonim, (2006), Aspen Asma Tavan Sistemleri Teknik Broşür, <http://www.aspen.com.tr/yapi>.
- [11] Arabacıoğlu, B., C., (2003), Ses Yutucu Kaplama Malzemelerinin İç Mekan İçerisinde Kullanım Şekilleri ve Akustik Konfora Katkısı, 1. Yapı Malzemesi Kongresi Bildiriler Kitabı, S: 185-195.
- [12] Arıdağ, L., (1995), Hastanelerde Akustik Sorunlar ve Denetimde Temel İlkeler, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] Ballagh, K., O., (1996), “Acoustical Properties of Wool”, Applied Acoustics,

Vol.48, No.2, S: 101-120, England.

[14] Baytın, T., (1963), Binalarda Akustik Tedbirler, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.

[15] Bayazıt, N., T., (1999), Dikdörtgen Kesitli Konser Salonlarının Akustik Değerlendirilmesi İçin Bir Tasarım Yöntemi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[16] Beranek, L., (1962), Music, Acoustic and Architecture, New York.

[17] Budak, A., (1994), Atatürk Kültür Merkezi'nin Akustik Açısından Performansının Değerlendirilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[18] Burris-Meyer, H., Goodfriend, L, S, (1957), Acoustics for the Architect, Reinhold Publishing Corporation, New York.

[19] Clana, J., (1996), "Acoustique des Salles de Spectacle", Techniques&Architecture, No: 440, S: 106-109, Fransa.

[20] Chiara, J., Crosbie, M., (2001), Time-Saver Standards for Building Types, McGraw Hill Book Company, ABD.

[21] Ching, F., Adams, C., Çizimlerle Bina Yapım Rehberi, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

[22] Demirkale, S.Y., Budak, A., (1995), "Acoustical Performance of Grand Hall of the Ataturk Cultural Center", Applied Acoustics, Vol.45, No.4, S: 297-319, England.

[23] Demirkale, S., Y., (1995), Akustik Gereksinimler Doğrultusunda Oditoryumların İncelenmesi ve Çözüm Önerileri, Yapı Dergisi, Sayı : 165, S: 90-93.

[24] Doelle, L., L., (1972), Environmental Acoustics, Mc Graw Hill Company, ABD.

[25] Erdem Aknesil, A., (1998) "Oditoryum ve Konser Salonlarındaki Mimari Biçimlenişe Akustiğin Etkileri", IV. Uluslararası Yapı ve Yaşam 98 Kongresi Bildiriler Kitabı, S: 266-277.

- [26] Ekinci, C. E.,(2003), Yalıtım Teknikleri, Nobel Basımevi,Ankara.
- [27] Eriç, M., (1994), Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınevi, İstanbul.
- [28] Ersoy, H., Y., (2001), Kompozit Malzeme, Literatür Yayınevi, İstanbul.
- [29] Geun Yi, M., (2006), “Prince Consort Restoran”, Bob Interior Design, Vol: 2, S: 20-26.
- [30] Harris, C.M., (1957), Handbook of Noise Control, McGraw Hill Book Company, ABD.
- [31] Karabiber, Z., (1991), Mimari Akustikle İlgili Başlıca Tanım, Terim, Formül ve Büyüklükler, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [32] Karabiber, Z., (1992), Mimari Akustikte Ses Ölçmeleri; Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [33] Kesgün, F.Y., (1994), Tıp Okulların Akustik Konfor Koşullarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [34] Kapçeoğlu, H., E., (2002), Tekstil Sanayinde Gürültü Denetimi Ve Bir Örnek İnceleme, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [35] Kölük, E., (1996), İç Mekanlarda Oluşan Gürültüler ve Önlemler (Kapalı Spor Salonu Örneği) Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [36] Kulualp, U., (1994), Çok Amaçlı Salonlarda Oluşan Akustik Sorunların İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [37] Kurra, S., (1984), Uçak ve Havaalanlarında Gürültü ve Kontrolü, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [38] Mütevellioğlu, G., (1995) “Asma Tavanların Akustik Yönden İncelenmesi”,

Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[39] Özer, M., (1979), Yapı Akustiği ve Ses Yalıtımı, Arpaz, İstanbul.

[40] Templeton, D., Saunders, D., (1987), Acoustic Design, the Architectural Pres, London.

[41] Templeton, D.; Lord, P. ; (1986), Detailing for Acoustics; the Architectural Pres, London.

[42] Templeton, D.; Lord,P. ; (1986), the Architecture of Sound; the Architectural Pres, London.

[43] Topalgökçeli, M., (1995), Gürültü Denetiminde Gerekli Sesgeçirmezliği Sağlayacak Yapı Kabuğu ve Bölme Duvarı Tasarımı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[44] Sarp, A., (2000), Yapı İç Çevresindeki Gürültünün Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi; Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[45] Russell, J., S., (1999), “Using Art to Revive Cities”, Architectural Record, No:05.99, S: 223-250.

[46] Sirel, Ş.; (1974), Yapı Akustiği I – Temel Bilgiler, İstanbul Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Yayınları, İstanbul.

[47] Sirel, Ş.,(1991), Gürültü Denetiminde Temel Kurallar, Yapı Fiziği ve Uygulamaları Yayınları, İstanbul.

[48] Sirel, Ş.,(2000), Ses Yalıtımı Konusunda Birkaç Açıklama, Yapı Fiziği ve Uygulamaları Yayınları, İstanbul

[49] Şerefhanoglu, M., (1992), Yapılarda Dış Gürültü Açısından Tek ve Çift Cam Yüzeyler, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

[50] Şerefhanoglu, M., Akın, Ş., (1999), Hacim Akustiğinde İlk Yansımaların Önemi

ve Mimari Tasarıma Etkisi, Yapı Fiziği Çevre Denetimi Kongresi Bildiriler Kitabı, S: 142-147.

[51] Weathersby, W., (1999), “The Art and Science of Sound”, Architectural Record, No: 05.99, S: 255-262.

[52] Wassilieff, C., (1996), “Sound Absorption of Wood-Based Materials”, Applied Acoustics, Vol.48, No.4, S: 339-336.

[53] Vedeilhe, R.,(1967), L’Acoustique Elémentaire Dans Le Bâtiment, Dunod, Paris.

[54] Voronina, N., (1994), “Acoustic Properties of Fibrous Materials”, Applied Acoustics, Vol.42, S: 165-174.

[55] Yeon Sook, C., (2006), “The Brasserie”, Bob Interior Design, Vol: 2, S: 152-157.

[56] Yılmaz, S.; Budak, A., (1998) “Ses Emici Malzemeler, Özellikleri, Sınıflandırılmaları ve Gruplanmaları”, IV.Uluslararası Yapı ve Yaşam 98 Kongresi Bildiriler Kitabı, S: 251-265.

[57] Zağlı, K., (1991), Yıldız Üniversitesi Eski Konferans Salonun Akustik Açından Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi: 25.12.1976

Doğum Yeri: İstanbul

E-mail: baharerol@gmail.com

Yabancı Dil: Fransızca, İngilizce

Eğitim Bilgileri

Lise :	1993-1996	Galatasaray Lisesi
Lisans:	1996-2003	Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans:	2003-	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Ana Bilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı

Çalıştığı Kurumlar ve Projeler

Groupe BEG : Carrefour Haramidere Alışveriş Merkezi

Enka İnşaat A.Ş: Moskova Havaalanı Ek Terminali